



VIỆN CÔNG NGHỆ KHOAN

628 Hoàng Hoa Thám, Quận Ba Đình, TP. Hà Nội
Webside: www.viencnkhoan.vn; Fone: (04) 7 615514; Fax: 7615928

BÁO CÁO

PHÂN TÍCH ĐỊA KỸ THUẬT ĐÁNH GIÁ BIẾN DẠNG ĐƯỜNG HẦM

Hạng mục: GÓI THẦU CP1B: XÂY DỰNG VÀ CẢI TẠO NÚT KIM LIÊN

Dự án: PHÁT TRIỂN KẾT CẤU NGẦM HÀ NỘI

Địa điểm: PHƯỜNG KIM LIÊN, QUẬN ĐỐNG ĐA, TP HÀ NỘI

Ha-nội, Tháng 5 Năm 2008



VIỆN CÔNG NGHỆ KHOAN

628 Hoàng Hoa Thám, Quận Ba Đình, TP. Hà Nội
Website: www.viencnkhoan.vn; Fone: (04) 7 615514; Fax: 7615928

BÁO CÁO

PHÂN TÍCH ĐỊA KỸ THUẬT ĐÁNH GIÁ BIẾN DẠNG ĐƯỜNG HẦM

Hạng mục: GÓI THẦU CP1B: XÂY DỰNG VÀ CẢI TẠO NÚT KIM LIÊN

Dự án: PHÁT TRIỂN KẾT CẤU NGẦM HÀ NỘI

Địa điểm: PHƯỜNG KIM LIÊN, QUẬN ĐỐNG ĐA, TP HÀ NỘI

Người lập:

PE. Trần Văn Việt

Thông duyệt

Ha-nội, Tháng 5 Năm 2008

MỤC LỤC

- I MỞ ĐẦU
- II KHÁI QUÁT VỀ DỰ ÁN NÚT KIM LIÊN
 - II.1 Khái quát đặc điểm kết cấu đường hầm
 - II.2 Khái quát giải pháp gia cố – xử lý phục vụ thi công
- III KHÁI QUÁT ĐẶC ĐIỂM ĐẤT NỀN
 - III.1 Tổng hợp đặc điểm địa tầng
 - III.2 Tổng hợp đặc trưng cơ lý
 - III.3 Tổng hợp đặc điểm nước dưới đất
- IV PHÂN TÍCH ĐỊA KỸ THUẬT ĐÁNH GIÁ ĐỘ LÚN ĐƯỜNG HẦM KIM LIÊN
 - IV.1 Phương pháp tính toán độ lún
 - IV.2 Xác định “áp lực thực” kết cấu truyền xuống đế móng (P_n)
 - IV.2.1 “Hiệu ứng đẩy nổi” móng hộp công trình ngầm
 - IV.2.2 Hệ quả của hiệu ứng đẩy nổi
 - IV.3 Kết quả tính lún tại các khẩu đường hầm nghiên cứu
 - IV.3.1 Thông số tính toán
 - IV.3.2 Kết quả tính lún khẩu U.8
 - IV.3.3 Kết quả tính lún khẩu U.9
 - IV.3.4 Kết quả tính lún khẩu B.2
 - IV.3.5 Kết quả tính lún khẩu B.3
- V KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ

I MỞ ĐẦU

Báo cáo trình bày kết quả tính toán, phân tích và đánh giá độ lún của các đoạn U.8, U.9 và B.2, B.3 của đường hầm chui, thuộc **Gói thầu CP1B: Xây dựng và Cải tạo nút Kim Liên**, nằm trong chương trình dự án phát triển công trình ngầm thành phố Hà Nội.

Trong chương trình xây dựng và cải tạo nút Kim Liên, một trong nút giao quan trọng trong nội thành Hà Nội, là xây dựng đoạn đường ngầm nằm dọc theo đường Đại Cồ Việt - Đào Duy Anh, chui qua đường sắt Bắc Nam nằm trên đường Lê Duẩn.

Về cơ bản đường chui ngầm nằm dưới mặt đất có kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) thành hai dạng: **tường chắn hình chữ U** hở đỉnh (nằm hai đoạn đầu) và kết cấu cống hộp ngầm, ký hiệu B, nằm khoảng giữa chui qua đường sắt (xem hình 1, 2). Dọc tuyến đường hầm chui này lại nằm trên nền đất yếu là bùn bụi hữu cơ (tầng Hải Hưng) và có đoạn nằm trên đất tốt, sét pha dẻo cứng (tầng Vĩnh-phúc). Do đó, để bảo đảm an toàn và ổn định, hai giải pháp xử lý đã được áp dụng trong thiết kế và thi công dự án nay là:

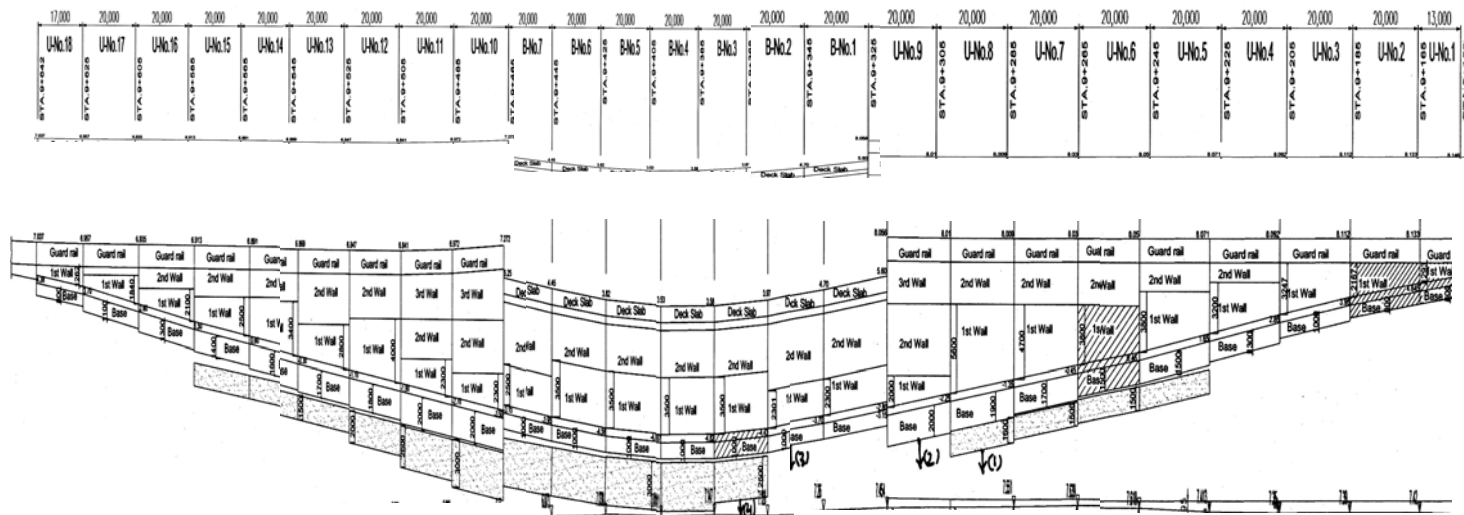
- Sử dụng dải tường chắn thép có chống xà cho hố đào để thi công tầng hầm, và
- Sử dụng giải pháp “bơm phụt vữa xi-măng áp lực cao – “jet-grouting” để gia cường đất yếu (bùn sét bụi), với mục đích chống bùng nền và làm nền cứng phục vụ thi công kết cấu.

Để đánh giá mức độ biến dạng (lún) của đường hầm bê tông cốt thép, rộng và dài, lại đặt trên nền đất khá phức tạp, tập đoàn Taisei đã yêu cầu các chuyên gia thuộc Viện Công nghệ Khoan (IDT) lập “Báo cáo phân tích độ lún” tuyến đường hầm này. Báo cáo sẽ tiến hành tổng kết điều kiện đất nền kết hợp với các thông tin về thiết kế, xử lý và thi công dự án, để tính toán **độ lún** của 04 khẩu đường hầm điển hình:

- 1) Khẩu **U.8** đại diện đoạn đường có dạng tường chắn chữ U, nằm trên nền đất yếu có gia cố cọc xi măng-đất.
- 2) Khẩu **U.9** đại diện đoạn đường có dạng tường chắn chữ U, nằm trực tiếp trên nền đất sét tốt.
- 3) Khẩu **B.2** đại diện đoạn đường hầm có dạng cống hộp, nằm trực tiếp trên nền đất sét tốt.
- 4) Khẩu **B.3** đại diện đoạn đường hầm có dạng cống hộp, nằm trên nền đất bùn yếu có gia cố cọc xi măng-đất.

Báo cáo được tiến hành trên cơ sở các dữ liệu sau:

- a) Theo yêu cầu của nhà thầu thi công Taisei.
- b) Theo các báo cáo khảo sát đất nền: Hai báo cáo khảo sát do USCo. thực hiện 5/2001 và tháng 9/2006. Một báo cáo khảo sát do TEDI thực hiện vào 9/2001. Tham khảo báo cáo khảo sát phục vụ xử lý bơm xi măng cọc đất.
- c) Theo các bản vẽ và tính toán thiết kế do JBSI & Louis Berger Group INC & BTEC và Taisei thực hiện.
- d) Theo các tài liệu kỹ thuật, tiêu chuẩn, quy chuẩn thiết kế của Việt Nam và kết hợp của các nước phát triển Âu-Mỹ



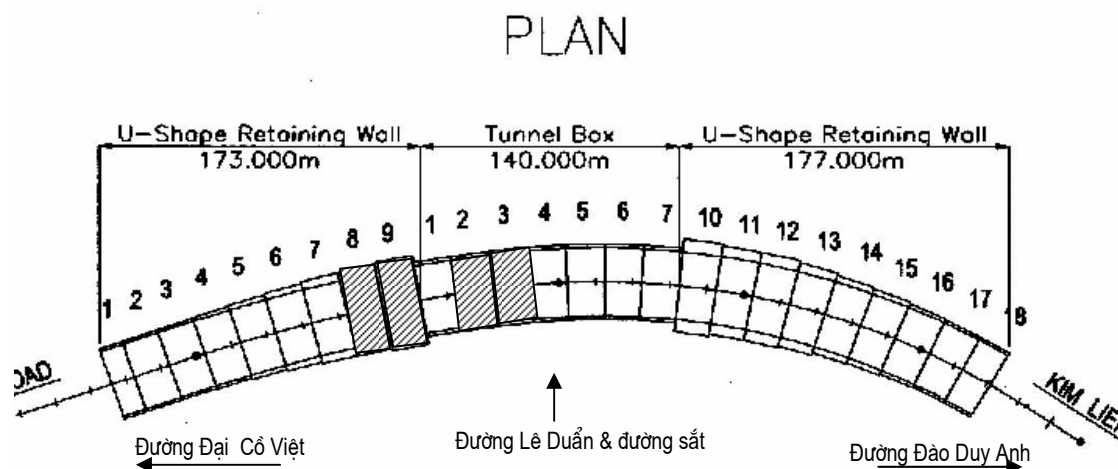
Hình 2: Mặt cắt dọc tuyến đường hầm thuộc dự án nút giao Kim Liên

II.1 Khái quát đặc điểm kết cấu đường hầm

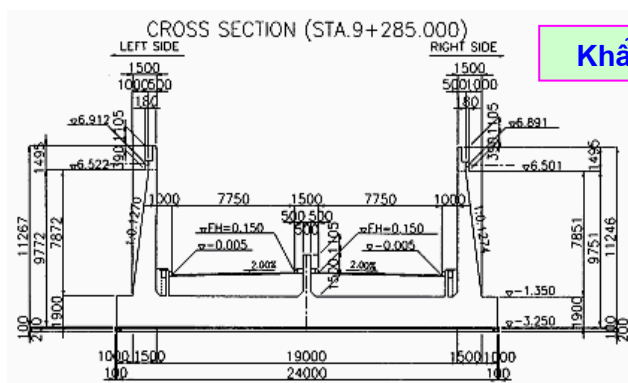
Toàn bộ đoạn tuyến đường ngầm là kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) chia thành 25 khẩu, mỗi khẩu dài 20m, rộng 21 đến 24m. Hai dạng kết cấu BTCT được sử dụng cho đường hầm, đó là:

- Hai đoạn phía hai đầu là kết cấu dạng **tường chắn U** (U-shape retaining wall). Theo đó, đoạn đường phía Đại Cồ Việt, bao gồm các khẩu có số hiệu từ U.1 đến U.9 (dài 173m); Đoạn phía đường Đào Duy Anh gồm các khẩu có số hiệu từ U.10 đến U.18.
- Khoảng giữa là kết cấu dạng **cống hộp B** (box culvert hay tunnel), có các khẩu mang số hiệu từ B.1 đến B.7.

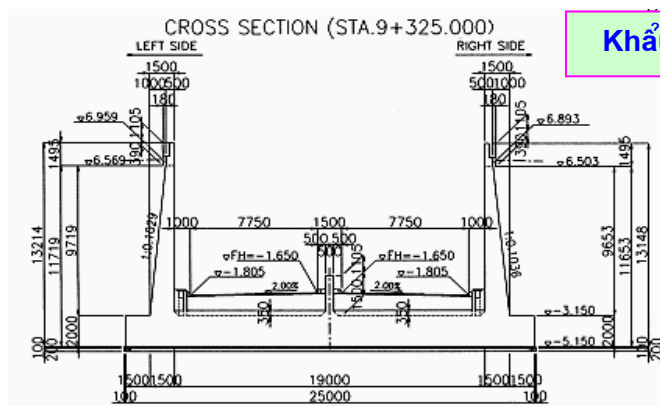
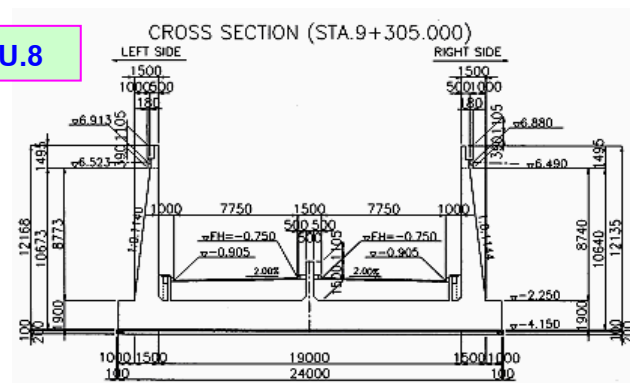
Các hình 3, 4, 5, 6 thể hiện bản vẽ chi tiết kích thước các khẩu U.8, U.9 & B2, B3. Đây là các khẩu đại diện yêu cầu phân tích lún.



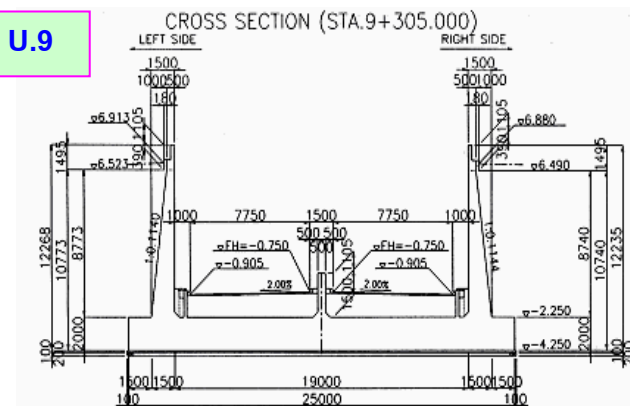
Hình 3: Bản vẽ phân khẩu của các đoạn kết cấu dạng U & B



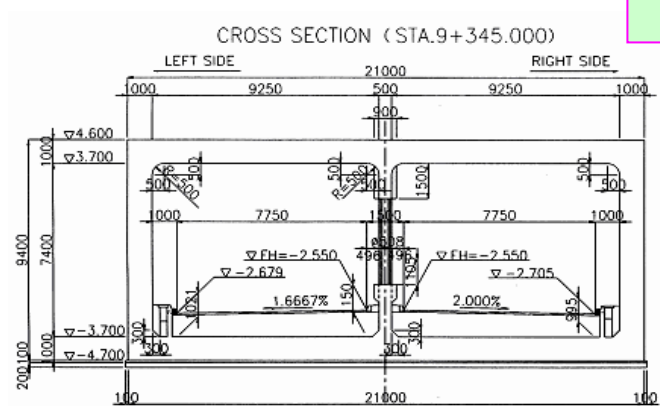
Khẩu U.8



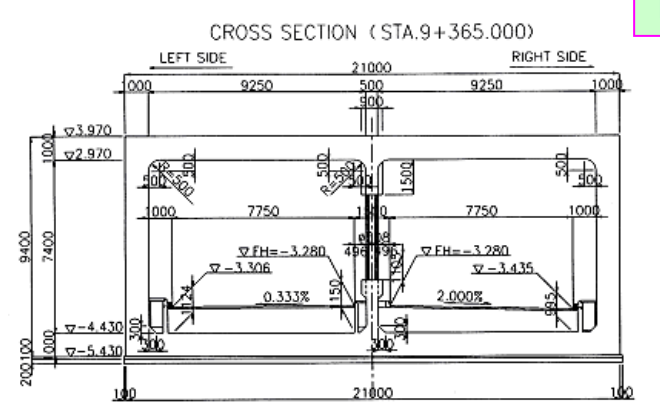
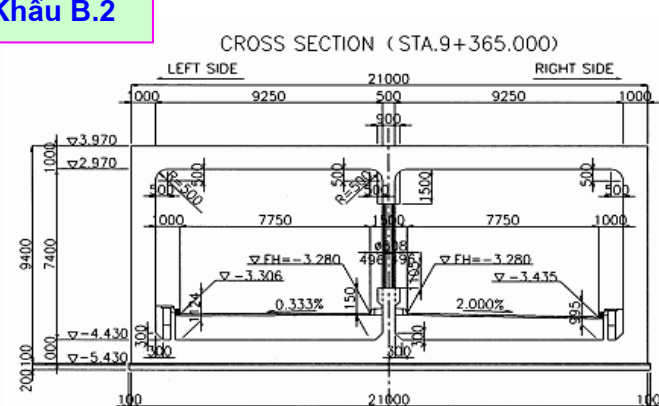
Khẩu U.9



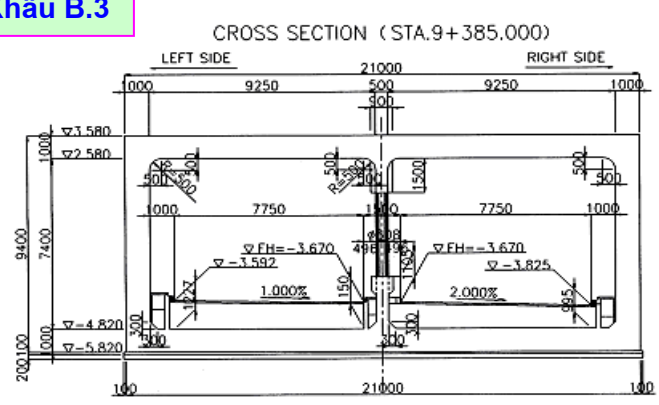
Hình 4: Bản vẽ hình khối kết cấu đường hầm dạng **Tường chắn U**



Khẩu B.2



Khẩu B.3



Hình 5: Bản vẽ hình khối kết cấu đường hầm dạng **Cống hộp**

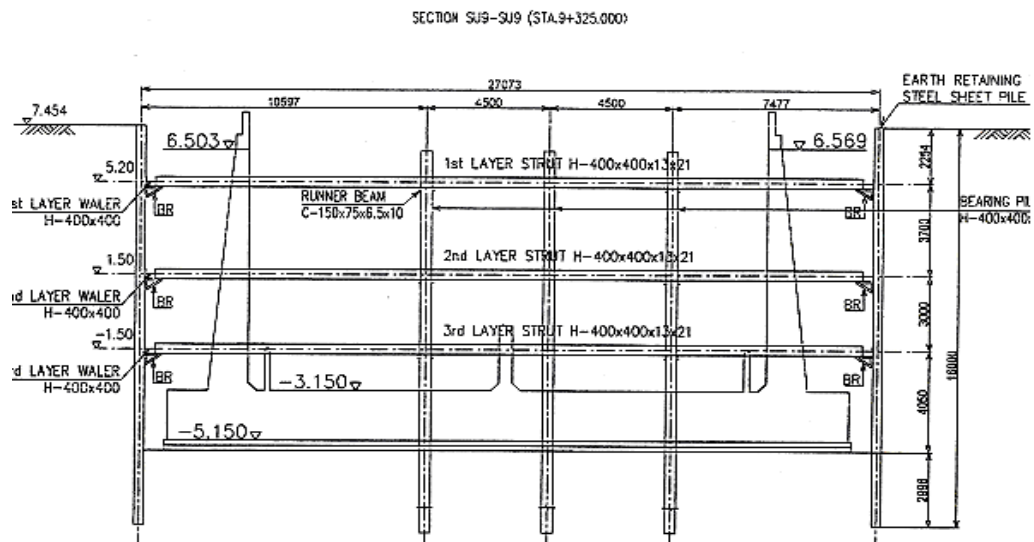
II.2 Khái quát giải pháp gia cố – xử lý phục vụ thi công

Đặc điểm lớn nhất trong thi công đường hầm này là hố đào quá rộng, dài và sâu ($B = 27\text{--}27\text{m}$, $L = 490\text{m}$ và $D = 13\text{m}$). Hơn nữa lại đào trong điều kiện đất nền rất phức tạp, xen kẽ giữa đất yếu là sét bụi hữu cơ với sét pha dẻo cứng, cho nên 2 giải pháp xử lý phục vụ thiết kế và thi công được áp:

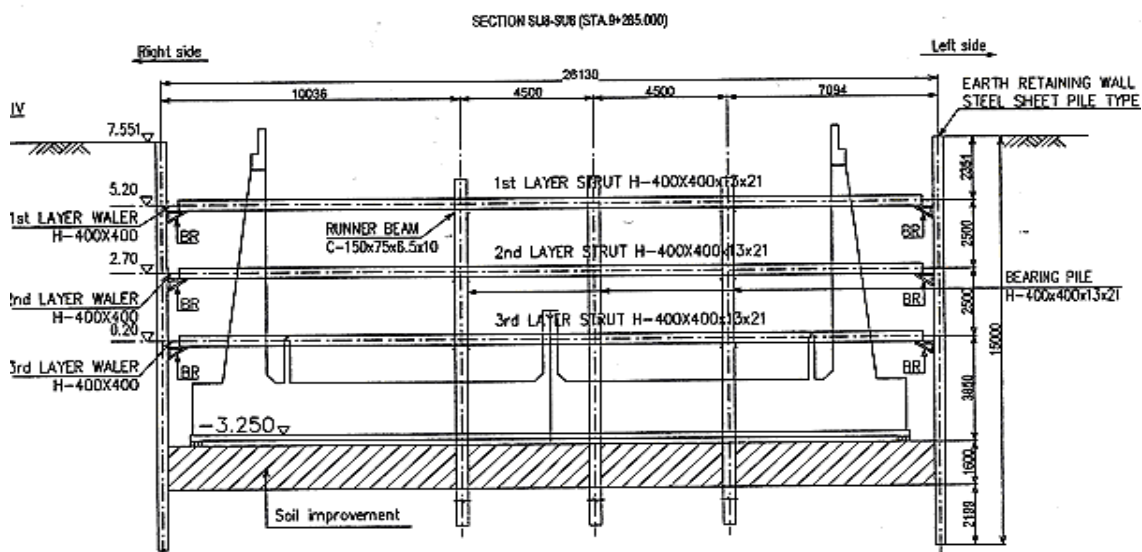
II.2.1 Sử dụng dầm tường chắn thép-chống xà ngang

Theo kết quả khảo sát dọc theo tuyến đường hầm, mặt lớp đất yếu bắt gặp cách mặt đất từ khoảng $1\text{m}/7\text{m}$ và đáy lớp nằm sâu đến $7\text{m}/23\text{m}$. Để bảo đảm ổn định chống trượt, xê thành hố đào đã thiết kế dầm tường chắn thép (Type 4), cắm sâu đến khoảng **15 đến 16m** (tương ứng cốt -9.0m). Để bảo đảm an toàn chống lật dầm tường, dự án đã thiết kế hệ từ 3 hàng xà chống ngang, sử dụng loại thép H-400, với khoảng cách đứng giữa các xà từ 2.5m đến 3.5m . Dọc theo các xà ngang còn bố trí hệ từ 3 đến 4 hàng cọc đứng, sử dụng loại H-400, để liên kết cứng hệ chống.

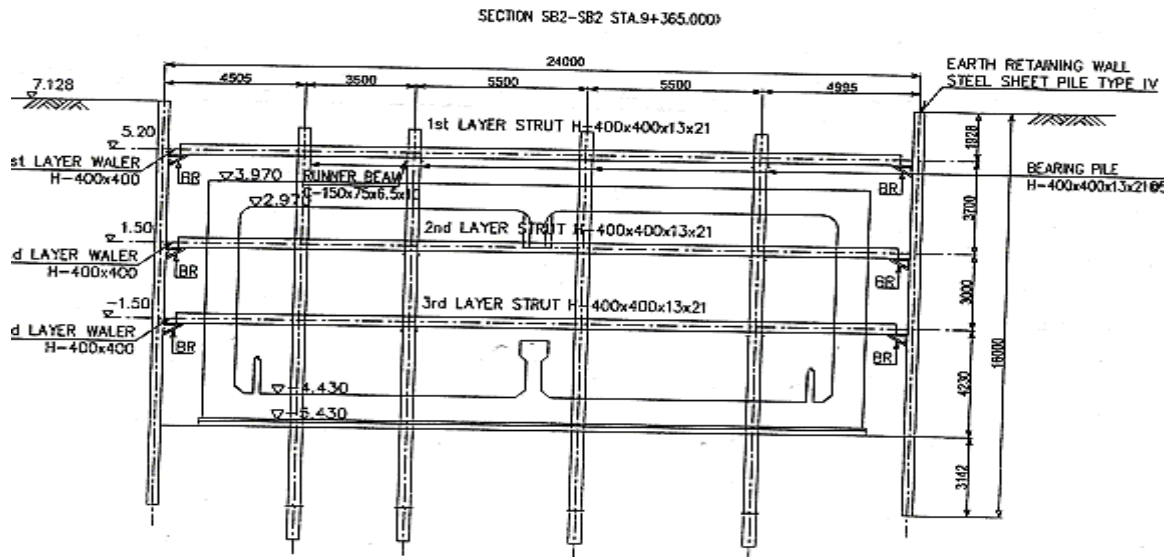
Hình ảnh một số bản vẽ thiết kế dầm tường thép chắn hố đào được thể hiện trên các hình 6 đến 10.



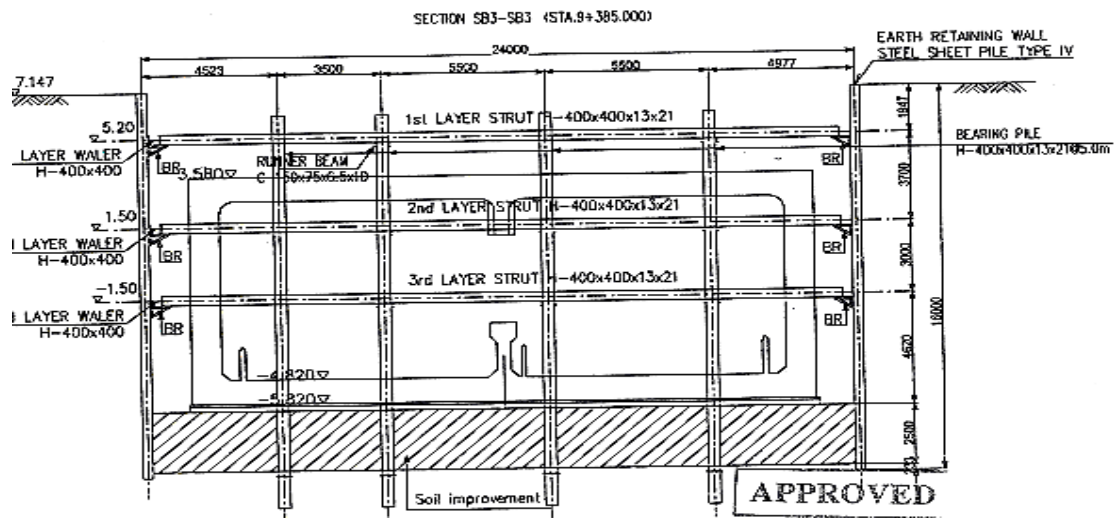
Hình 6: Dầm tường chắn và chống hố đào khẩu U.8



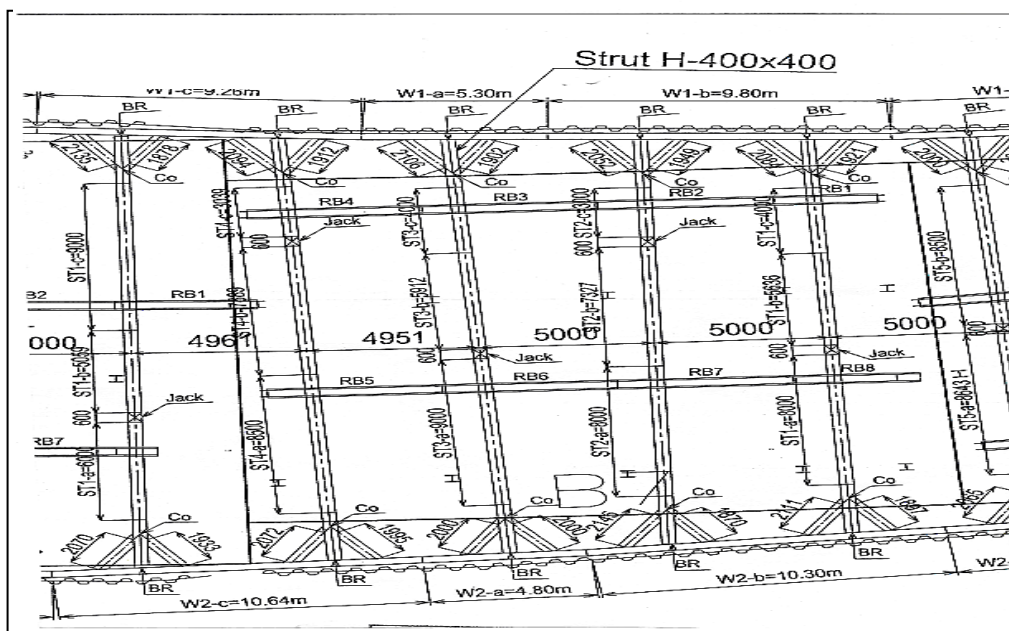
Hình 7: Dầm tường chắn và chống hố đào khẩu U.9



Hình 8: Dải tường chắn & chống hố đào khẩu B.2



Hình 9: Dải tường chắn và chống hố đào khẩu B.3



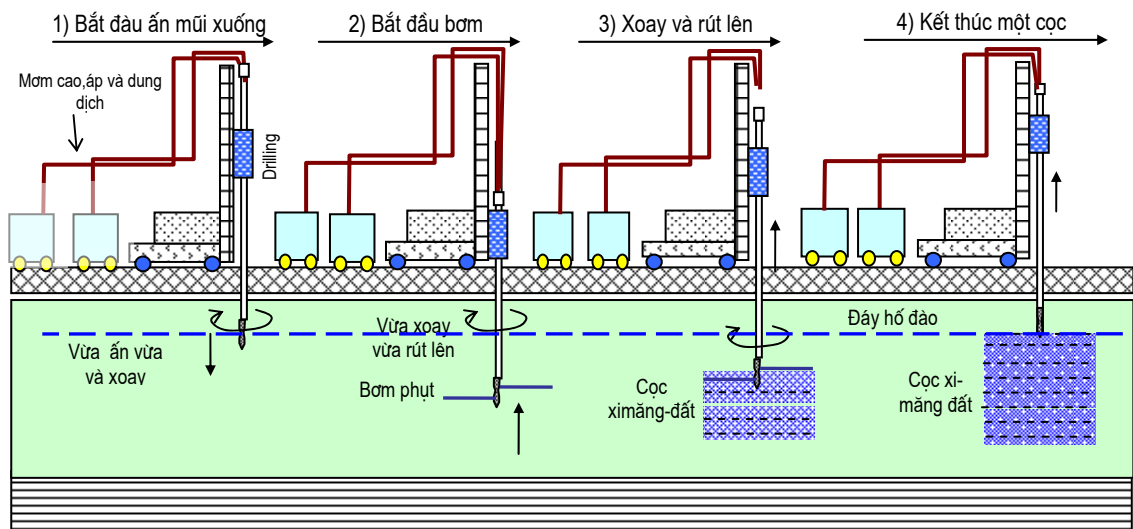
Hình 10: Ví dụ mặt bằng thiết kế dải tường chắn thép (Type 4), chống xà (H.400)

II.2.2 Gia cường đất yếu bằng phương pháp bơm vữa dịch xi-măng áp lực cao

1) Mục đích công tác xử lý cải tạo đất

Với dải tường chắn thép mềm dài 16m, chấn hố đào sâu tối đa đến khoảng 12 - 13m, thì độ sâu ngàm chân tường dưới đáy hố chỉ khoảng 3.0m. Dọc tuyến đường hầm lại bắt gặp đất yếu có độ sâu đáy lớp phát triển đến khoảng 14m-23m (hình 15), nghĩa là mặt đáy đường hầm sẽ nằm trên đất yếu nên nhiều nguy cơ xáo trộn có thể xảy ra. Để khắc phục sự cố, dự án đã được thiết kế giải pháp “gia cố cải tạo đất yếu dưới đáy hố đào” bằng phương pháp “bơm phụ vữa xi-măng áp lực cao”, tạo thành các dải *cọc xi-măng-đất gia cường* phục vụ hai mục đích: Gia cường sức kháng đất yếu dưới đáy hố đào, bảo đảm an toàn chống bùng nền theo cơ chế phá hỏng nền móng.

Cải tạo đất yếu bằng *bơm phụ vữa xi-măng áp lực cao*, tạo thành dải các *cột xi-măng đất gia cường*, là phương pháp tiên tiến và hiện đại và có lẽ đây là dự án đầu tiên được áp dụng giải pháp này trong phạm vi Hà Nội. Nguyên lý phương pháp thể hiện trên hình 12.



Hình 11: Nguyên lý và quy trình phương pháp bơm phụ vữa xi-măng

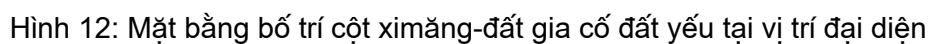
2) Thiết kế xử lý cải tạo đất cho dự án

Theo tính toán thiết kế phục vụ xử lý, các “cột xi-măng-đất gia cường” được bố trí thiết kế theo hàng, theo đó (xem hình 12):

- Theo chiều dọc đường hầm bố trí 5 hàng, trong đó hai mép ngoài đường hầm bố trí hai hàng nằm liền sát nhau và giữa đường một hàng.
- Theo chiều ngang đường hầm bố trí các hàng với khoảng cách chừng 2.5m – 2.9m.
- Đường kính cọc gia cường $d = 1.6\text{m}$. Khoảng cách giữa các cọc trong hàng được bố trí khoảng 1.058m sao cho các cọc gia cường chồng lấn sang nhau bảo đảm hiệu quả cải tạo tốt nhất.
- Chiều dày gia cố cải tạo đất yếu dưới đáy đường hầm biến đổi từ 1.5m đến 3m.

Với dự án này, công tác xử lý đất yếu bằng cột xi-măng-đất, được thực hiện trên phần lớn chiều dài tuyến đường hầm, nơi dưới đáy bản đáy đường hầm gặp đất yếu bùn sét pha (lớp đất 5a và 5b). Tuy nhiên, một số vị trí bắt gặp đất tốt lớp 6a (hệ tầng Vĩnh-phúc), thì không thể và không cần thiết xử lý và khi đó đế móng đường hầm được đặt trực tiếp trên nền đất tốt.

3) Kết quả thí nghiệm trên mẫu đất gia cường



Kết quả thí nghiệm tính chất cơ-lý của một số mẫu "đất gia cường", sau 90 ngày tuổi, được tổng hợp trong [bảng 1](#).

Bảng 1: Kết quả thí nghiệm tính chất cơ-lý mẫu đất gia cường

Số hiệu mẫu	Độ sâu lấy mẫu, m	Tính chất cơ-lý		
		Sức kháng nén q_u (kg/cm ²)	Sức kháng cắt C_u (kg/cm ²)	Modun đàn hồi E (kg/cm ²)
M1 (U7)	7.5 - 8.3	21.8	10.9	1100
M4 (B7)	15.08-15.7	11.5	5.8	1280
M2 (B7)	13.43-14.28	27.6	13.8	3550
M3 (B7)	14.28-15.08	12.1	6.1	2340
Trung bình		18.3	9.2	2067.5

Nhận xét:

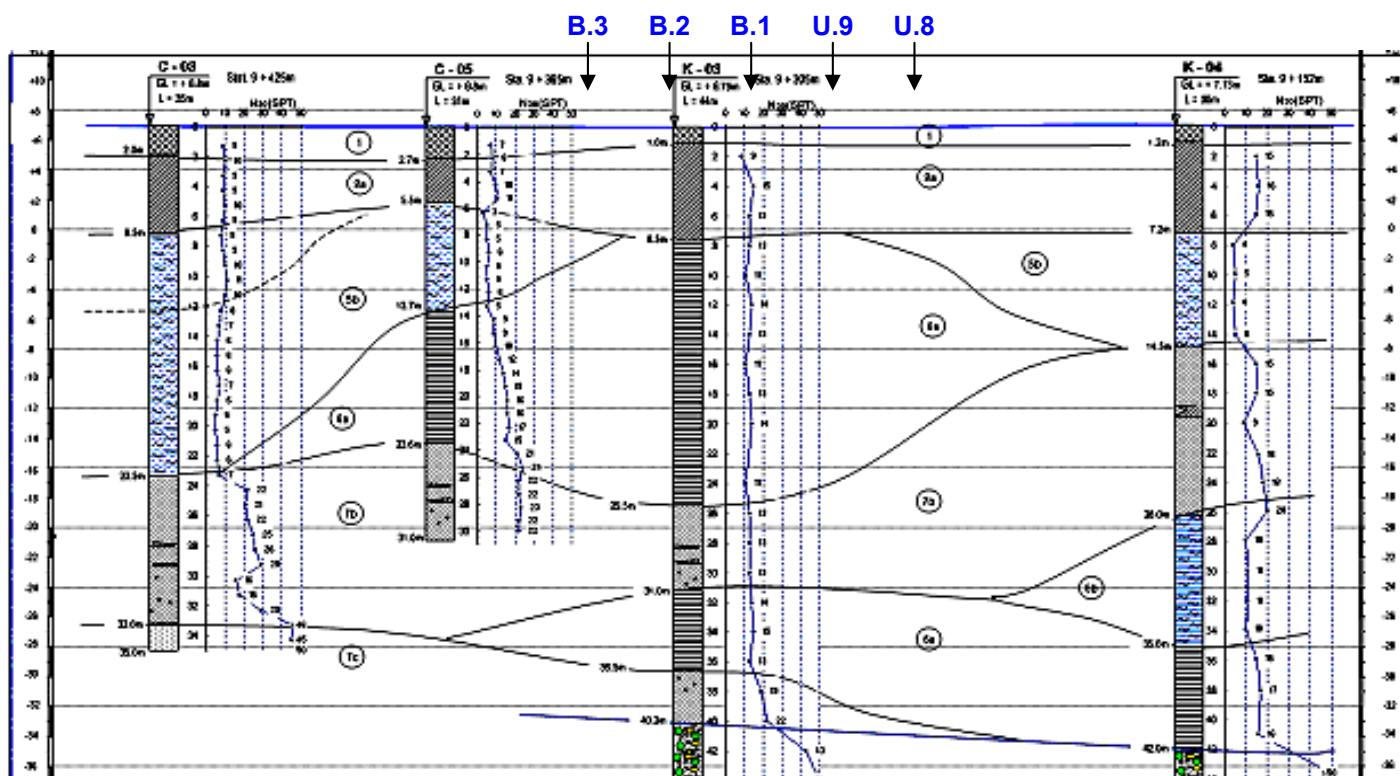
- Kết quả bảng trên cho thấy kết quả cải tạo và gia cường đất yếu bằng cọc xi-măng đất theo phương pháp bơm vữa xi-măng áp lực cao tại dự án Kim Liên là khá tốt.
- Mức độ gia cường sức kháng nén dọc trục $q_u = 18.3$ kg/cm², trong khi đất chưa gia cường thường cho giá trị $q_u = 0.45 - 0.53$ kg/cm², tăng khoảng 37 lần.

III KHÁI QUÁT ĐẶC ĐIỂM ĐẤT NỀN

Điều kiện đất nền khu vực dự án được tổng hợp từ các giai đoạn khảo sát khác nhau: Khảo sát ĐCCT cho thiết kế sơ bộ, USCo thực hiện tháng 5/2001; Khảo sát phục vụ thiết kế kỹ thuật, do TEDI thực hiện tháng 9/2001. Khảo sát bổ cho thiết kế thi công, do USCo thực hiện tháng 9/2006. Các giai đoạn khảo sát trên vẫn mang tính tổng quát phục vụ định hướng thiết kế, với khoảng cách giữa các hố khoan biến đổi từ 40m đến 100m.

Để phục vụ trực tiếp thi công xử lý cột xi-măng đất (bằng bơm vữa xi-măng áp lực cao) thì tự nhà thầu xử lý còn tiến hành khoan khảo sát phục vụ xử lý, với mật độ đủ dày để điều hành thi công một chính xác hơn.

Tổng hợp điều kiện đất nền cho phép mô hình hoá một mặt cắt địa kỹ thuật - trong phạm vi đoạn từ đường sắt đến nút cuối đường hầm về phía đường Đại Cồ Việt – phục vụ tính lún (U8, U9 và B2, B3) được thể hiện trên **hình 14**.



Hình 14: Mặt cắt địa kỹ thuật đại diện khu vực tính lún

III.1 Tổng hợp đặc điểm địa tầng

Trên cơ sở kết hợp cả kết quả khảo sát các giai đoạn khu vực nút Kim Liên, cho phép ta xác định các lớp đất từ trên xuống như sau:

Ghi chú: Số hiệu lớp đất (1, 2a, 6a...) thể hiện trên các mặt cắt Địa kỹ thuật và mô tả sau đây là số hiệu lớp Địa kỹ thuật đại diện cho đất nền vùng Hà Nội, lấy theo Đề tài Nghiên cứu Khoa học (297/QĐ-LHH) mang tên: "Nghiên cứu bổ xung điều kiện đất nền vùng Hà Nội và các vùng phụ cận và giải pháp nền móng công trình", bảo vệ 10/2007, của các tác giả: Gs. Vũ Công Ngữ, Ts. Nguyễn Văn Túc, P.E. Trần Văn Việt.

Còn các đặc trưng cơ lý các lớp đất được lấy trực tiếp từ kết quả khoan và thí nghiệm hiện trường thuộc dự án Kim Liên.

Lớp 1. Đất lấp: Cát, sét pha cát lẫn phế thải xây dựng, bê tông nhựa nền đường. Phần lớn đất lấp đều là lấp tự do, chưa được đầm chặt theo tiêu chuẩn, nên chưa ổn định (N_{30} biến đổi từ 6-7 đến 18-20). Dưới đất lấp còn bắt gặp đất bùn đáy ao hồ hoặc kênh mương

cũ. Đất lấp này bắt gặp ở tất cả các lỗ khoan khảo sát, với bề dày biến đổi từ 1,0m (K-03) đến 3.3m (C-01).

Lớp 2a, Sét pha dẻo cứng: đất có màu nâu hồng, nâu xám hoặc xám xanh, độ dẻo dính thấp vừa. Đất thường có trạng thái dẻo cứng, đôi khi nửa cứng xen kẹp vữa dẻo mềm ở nơi tiếp giáp với đất yếu hoặc cát.

Đây là lớp đất loại sét khá tốt nằm ngay gần mặt đất, thuộc hệ tầng Thái bình ($aQ_2^3 tb^1$), với bề dày biến đổi lớn từ 1.5m (C-05), biến mất một vài nơi (K01, C04). Có chỗ lớp 2a tiếp giáp trực tiếp với lớp (6a) thuộc hệ tầng Vĩnh-phúc (K-03).

Lớp 5, Bùn sét bụi: Đây là lớp đất yếu đặc trưng thuộc hệ tầng Hải-hưng ($lbQ_2^2 hh$), phát triển nhiều nơi phía nam sông Hồng thuộc địa phận Hà Nội. Theo trạng thái sức kháng và lượng hữu cơ, trong phạm vi dự án có thể phân biệt 2 phụ lớp:

Phụ lớp 5a - Bùn sét bụi nhão: Đất có màu xám đen, xám nâu, trạng thái dẻo chảy đến chảy ($N_{30} = 1 - 3$), chứa vật chất hữu cơ và cây mục.

Phụ lớp 3a bắt gặp ở một số lỗ khoan phía đường Đào Duy Anh (K-02, K-01, K-06), với bề dày biến đổi từ 1.9m (K-06) đến 13m (K-01).

Phụ lớp 5b - Bùn sét bụi-cát pha sét: Đất thường có màu xám xanh, xám nâu, trạng thái dẻo chảy đến dẻo mềm ($N_{30} = 4 - 6$), thường chứa ít nhiều hữu cơ.

Phụ lớp 5b bắt gặp ở hầu nhiều lỗ khoan, thường phát triển ngay dưới lớp 2a, với bề dày biến đổi từ 2.1 (C-01) đến 18.4m (K-02).

Đất yếu lớp 5 phát triển trên phần lớn chiều dài tuyến đường bề dày biến đổi rất lớn, từ 7m (K.4) đến 18m (K.2) và có chỗ không bắt gặp mà thay bằng sét dẻo cứng (K03).

Lớp 6a, Sét pha dẻo cứng-nửa cứng: Đây gọi là lớp sét Vĩnh-phúc đặc trưng ($abQ_1^3 vp^2$), có thể là sét hoặc sét pha bụi, trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng, màu sắc đặc trưng xám-nâu-xanh loang ố, đôi khi chứa ô-xit sắt kết vón.

Lớp sét Vĩnh-phúc 6a được bắt gặp ở nhiều lỗ khoan, mặt lớp và bề dày biến đổi lớn, dày từ 1.8m (C-02) đến 9.9m (C-05). Lớp 6a thường nằm dưới lớp bùn Hải-hưng (5), đôi khi nằm dưới cát Vĩnh-phúc (7b).

Lớp 6b, Sét pha cát dẻo mềm: Đất sét có trạng thái dẻo mềm, màu xám xanh-xám đen, chứa ít hữu cơ, thuộc hệ tầng Vĩnh-phúc ($lbQ_1^3 vp$). Lớp sét bụi dẻo mềm 6b bắt gặp ở một số lỗ khoan K-04, C-01 và C-04 với bề dày biến đổi từ 4.9m đến 9.5m. Đây cũng là lớp đất yếu vừa, phát triển không đều, nằm xen kẹp trong hệ tầng Vĩnh-phúc.

Layer 7a - Cát pha bụi: Đây là loại đất trung gian, độ dẻo dính thấp, lượng cát bụi khá nhiều, màu thường gụ xám đến nâu xám, nguồn gốc thuộc hệ tầng Vĩnh-phúc nằm dưới và hệ tầng Thái-bình nằm phía trên. Đất thường phát triển như dải đất trung gian giữa lớp cát và lớp sét và đôi khi chứa hữu cơ thành đất mềm yếu.

Trong phạm vi nút Kimliên, đất lớp 7a chỉ bắt gặp xen kẹp ở một số hố khoan và ở lỗ khoan C04 gặp ở độ sâu từ 20.6m đến 23.5m.

Lớp 7b, Cát nhỏ chặt vừa: Phần lớn lớp 7b là cát mịn-trung, màu gụ xám đến xám nâu, xám vàng, trạng thái chặt vừa, đất thuộc Vĩnh-phúc ($aQ_1^3 vp$).

Trong phạm vi dự án, phụ lớp 7b bắt gặp ở độ sâu dưới 20/23m, ngoại trừ tại vị trí nút ngoài cùng phố Đại Cồ Việt (K-4) lớp này bắt gặp ở độ sâu 14.5m.

Lớp 7c - Cát chặt: Cát trung thô, lẫn ít sạn, màu xám nâu-xám vàng, trạng thái chặt trạng thái chặt vừa, đất thuộc Vĩnh-phúc ($aQ_1^3 vp$).

Trong phạm vi dự án, lớp cát chặt (7c) bắt gặp ở một số hố khoan sâu (C-03, C-04, C-06 và K-03), với độ sâu mặt lớp từ 30.5m (C-06) đến 33m (C03).

Lớp 9, Sạn sỏi lẫn cát, rất chặt: Thường là sạn sỏi lẫn cuội cát, màu nâu-xám-xanh, trạng thái rất chặt, N_{30} (SPT) luôn > 50 . Đây là tầng cuội sỏi đặc trưng thuộc hệ tầng Hà-nội ($aQ_1^2 hn$). Theo kích cỡ hạt có thể phân thành:

- **Phụ lớp 9a: Sạn sỏi lẫn cát,** sạn sỏi chủ yếu 1-3cm, thường nằm phía trên mặt.
- **Phụ lớp 9b: Cuội sỏi lẫn sạn cát,** với cuội sỏi chủ yếu 2-4cm, đôi khi lẫn cuội 5-7cm và thường nằm phía dưới.

Trong phạm vi dự án, lớp sạn sỏi 9 bắt gặp ở các lỗ khoan sâu (K-01, K-02, K03 and K-04), với độ sâu mặt lớp biến đổi từ 38.8m (K02) đến 42.0m (K-04).

III.2 Tổng hợp đặc trưng cơ lý

Tổng hợp các giá trị thông số cơ-lý đại diện các lớp đất, sử dụng tính toán nền móng được thể hiện trong [bảng 2](#).

Bảng 2: Các thông số đặc trưng cơ lý phục vụ tính toán thiết kế

Lớp đất	Thông số đại diện phục vụ tính toán thiết kế									
	γ t/m ³	Nén Ba trục				e_o	Nén cố kết kết			SPT
		UU		CU			OCT			
		φ_U deg.	C_U Kg/cm ²	φ_{CU} deg.	C_{CU} Kg/cm ²		P_c Kg/cm ²	C_c E_{1-2}	$C_v \cdot 10^{-3}$ cm ² / s	
Lớp (2a): Sét dẻo cứng	1.92	0°35'	0.403	10°26'	0.366	0.812	1.36	0.114 51	1.06	$\frac{8 \div 14}{12}$
Lớp (5a): Bùn sét pha bụi, lỏng	1.66	0°31'	0.24	7°15'	0.226	1.491	0.79	0.357 25	0.77	$\frac{0.5 \div 3}{1.8}$
Lớp (5b): Bùn sét pha cát, sét	1.69	0°25'	0.26	7°54'	0.222	1.376	0.81	0.278 33	0.85	$\frac{3 \div 7}{4.5}$
Lớp (6a): Sét pha dẻo cứng	1.92	1°02'	0.48	10°25'	0.388	0.791	1.41	0.09 66	1.0	$\frac{10 \div 22}{15}$
Lớp (6b): Sét bụi cát dẻo mềm	1.72	0°47'	0.21	6°37'	0.184	1.182	0.73	0.223 34	0.84	$\frac{6 \div 12}{8}$
Lớp (7b): Cát nhỏ, chặt vừa	1.90 (*)	-	-	33°00' (*)	0 (*)	-	-	- 126	-	$\frac{10 \div 25}{18}$
Lớp (7c): Cát nhỏ- trung, chặt	1.95 (*)	-	-	40°00' (*)	0 (*)	-	-	- 260	-	$\frac{37 \div 50}{45}$
Ghi chú: (*) Giá trị ước tính suy diễn theo tương quan										

Ghi chú: (*) Giá trị ước tính suy diễn theo tương quan

III.3 Tổng hợp đặc điểm nước dưới đất

Hai giếng quan trắc nước dưới đất đã được lắp đặt trong phạm vi dự án như sau:

- Giếng QT-2 (W -2) lắp đặt ngay cạnh lỗ khoan C-4, đường kính 48mm, ống lọc ở 2 độ sâu là 24m (trong lớp cát 7a) và 35m (trong lớp cát sạn 7c).
- Giếng QT-1 (W -1) lắp đặt ngay cạnh lỗ khoan C-6, đường kính 48mm, ống lọc đặt ở độ sâu 35m (trong lớp cát sạn 7c).

Các giếng trên được quan trắc từ 29/9/2006 đến 10/10/2006, số liệu ban đầu được tổng hợp trong [bảng 3](#).

Bảng 3: Kết quả số đo mực nước dưới đất trong các giếng quan trắc
(Cao độ mặt đất lấy quy ước +6.8m)

No	Số hiệu giếng	Độ sâu ống lọc	Lớp đất	Mực nước dưới đất (m)		Tầng chứa nước
				Độ sâu	Cao độ	
1	W-2 (cạnh C-04)	24 và 35m	Cát lớp (7a)	11.408 đến 11.848	- 4,608 đến - 5,048	qh
2	W-1 (cạnh C-06)	35m	Cát lớp (7c)	19.407 đến 19.587	- 12,607 đến -12,787	qp

Nhận xét:

1) Nước dưới đất chủ yếu chứa trong lớp cát 7 và sạn sỏi 9. Do ảnh hưởng khai thác nước dưới đất trên toàn vùng phía nam sông Hồng, nên mực nước khu vực này cũng bị ảnh hưởng và vào thời điểm khảo sát, mực nước dưới đất nằm sâu từ 12 đến 20m cách mặt đất.

2) Ngoại trừ mút đầu phía đường Đại Cồ Việt (vị trí K4) bắt gặp lớp cát 7 nằm nông khoảng 14.5m, còn các nơi khác mặt lớp cát 7 đều nằm sâu trên 20m (tương ứng cốt cao trên - 13m), Trong khi đó, chỗ sâu nhất đáy hố đào nằm sâu khoảng 13m (tương ứng cốt khoảng - 6m), nghĩa là đáy hố nằm trong tầng đất dính cách nước nên dù mực nước cao hơn cũng không ảnh hưởng đến thi công đào cũng như không bị tác động thủy lực.

IV PHÂN TÍCH ĐỊA KỸ THUẬT ĐÁNH GIÁ ĐỘ LÚN ĐƯỜNG HẦM KIM LIÊN

Phân tích địa kỹ thuật sau đây phục vụ đánh giá khả năng lún đường hầm sau khi đưa vào khai thác. Như đã đề cập, đường hầm được kết cấu bê tông cốt thép đổ tại chỗ, thành các khẩu nối liền nhau, mỗi khẩu dài 20m, rộng theo đường hầm 21 – 25m và tổng chiều dài khoảng 490m. Dọc theo tuyến đường hầm bắt gặp chủ yếu là bùn sét bụi hữu cơ nằm ngay dưới bản đế móng đường hầm và có đoạn gặp sét bụi dẻo cứng.

Để bảo đảm ổn định cho mục đích thi công, dự án đã tiến hành cải tạo đất bùn yếu bằng các dải *cọc xi măng-đất gia cường*, nằm ngay dưới đáy bản đế móng đường hầm với chiều dày từ 1.5m đến 3.0m. Gia cố đất ở đây chỉ mang ý nghĩa giữ *ổn định tạm thời* trong quá trình thi công, nghĩa là phục vụ mục đích: bảo đảm an toàn chống bùng nền đáy hố đào trong đất yếu.

Do đó, theo yêu cầu của nhà thầu Taisei, việc phân tích, tính toán để xác định độ lún đường hầm tập trung ở bốn khẩu đại diện:

- Đại diện cho hai loại kết cấu: **dạng cống hộp** B2, B3 và **dạng tường chắn** U.8, U.9.

- Đặt trên hai dạng đất nền: trên nền đất yếu có gia cố cọc xi măng-đất và trên nền thiên nhiên đất tốt.

IV.1 Phương pháp tính toán độ lún

Phương pháp tính lún trên đất dính về cơ bản dựa theo lý thuyết cổ kết Terzaghi. Độ lún gây ra do giảm thể tích đất nền dưới móng theo chiều đứng, tương tự như mô hình thí nghiệm nén một trục. Trong thực tế, giả thiết trên chỉ phù hợp cho móng có bề rộng B rất lớn so với chiều dày lớp đất chịu nén H (**hình 15.a**), khi đó không xảy ra hiện tượng biến dạng ngang (không nở hông).

Ngược lại, với móng có bề rộng nhỏ (**hình 15.b**) thì biến dạng ngang (nở hông) sẽ xảy ra. Do đó, độ lún được phân ra thành hai loại:

- *Độ lún tức thời*, S_i , xảy ra do biến dạng đất nền xệ ra phía hai bên của móng. Biến dạng kiểu này cho thấy, thể tích đất vẫn không đổi và do đó cần sử dụng thông số biến dạng đàn hồi E_u và ν_u . Tuy nhiên, trong thực tế tính toán giá trị này nhỏ nên thường bỏ qua.

- *Độ lún cổ kết*, S_c , xảy ra do hiện tượng nước lỗ rỗng thoát ra dưới áp lực gây lún, áp lực nước lỗ rỗng tiêu giảm làm các hạt đất xít lại và giảm thể tích đất nền. Vì các hạt đất dính là rất nhỏ, khe rỗng rất hẹp, nên nước lỗ rỗng thoát ra rất chậm dẫn đến hiện tượng lún cổ kết này diễn ra thời gian rất dài.

Tổng hợp hợp đầy đủ thì công thức tính toán lún cổ kết có dạng:

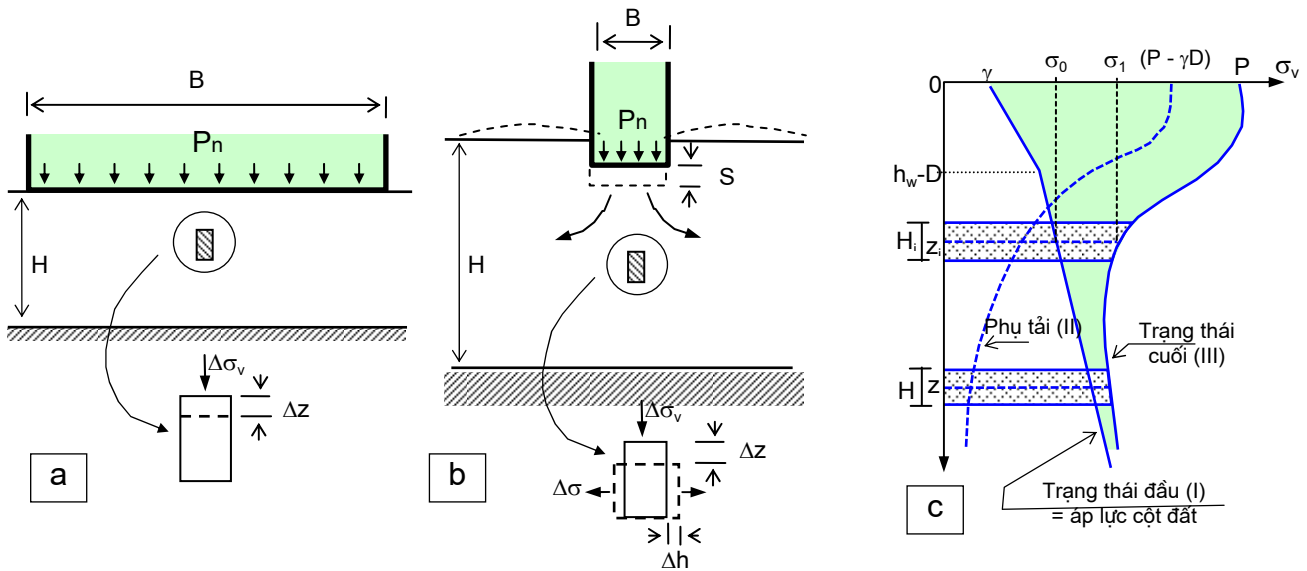
$$S_f = S_E + \mu.S_o \quad (1)$$

Trong đó, s_f : Độ lún cuối cùng (cổ kết ban đầu)

s_E : Độ lún tức thời (giá trị nhỏ thường bỏ qua).

s_{oe} : Độ lún cổ kết.

μ : Hệ số hiệu chỉnh Skempton và Bjerrum có tính đến ảnh hưởng kích thước móng (tỷ số B/H) và mức độ tiền cổ kết của đất (hệ số A).



Hình 15: Mô hình hoá độ lún nền móng dưới kích thước khác nhau
a) Độ lún dưới móng rộng b) Độ lún dưới móng hẹp c) Phân bố áp lực gây lún

Công thức tính toán lún theo lý thuyết cổ kết Terzaghi, S_o - ghi trong các quy chuẩn tính toán nền móng – ghi trong DTU 13-1 (Pháp), có dạng:

$$S_f = \sum S_i = \sum H_i \frac{\Delta e}{1 + e_0} = \sum H_i \cdot \frac{C_c}{1 + e_0} \log\left(\frac{\sigma_{zi} + \sigma_{oi}}{P_{ci}}\right) \quad (2)$$

Hoặc:

$$S_f = \sum S_i = \sum \frac{\sigma_{zi} \cdot H_i}{E_{oi}} \quad (3)$$

Trong đó:

- e_0 : Hệ số rỗng ở trạng thái ban đầu
- H_i : Chiều dày phân lớp đất.
- σ_{zi} : Ứng suất truyền tải đến độ sâu z .
- σ_{oi} : Áp lực cột đất ở độ sâu z .
- C_c : Chỉ số nén lún.
- E_{oi} : Modun nén một trục.
- P_{ci} : Áp lực tiền cổ kết

Từ các biểu thức tính lún (1) và (2) ta có thể nhận thấy độ lún S của một kết cấu đặt trên nền đất là hàm số của các yếu tố:

- a) Tỷ lệ thuận với áp lực thực kết cấu (P_n), chỉ số nén (C_c), chiều dày chịu lún (H_L) của đất (đồng thời là chiều rộng móng B , vì vùng ảnh hưởng chịu lún ước lượng $H_L = 1.5B$).
- b) Tỷ lệ nghịch với modun nén lún (E_o) áp lực tiền cổ kết (P_c) và hệ số rỗng ban đầu e_o .

Do đó, trong tính toán lún đường hầm của dự án này các thông số sau đây cần xác định:

- Các yếu tố và kích thước móng (rộng B , dài L , sâu D) dễ dàng xác định theo các bản vẽ trên các hình 3 và 4. Đường hầm có bề rộng $B = 21m - 25m$, nên dễ dàng xác định là loại “móng bè”. Do đó, lý thuyết cổ kết Terzaghi được áp dụng trực tiếp.
- Các đặc trưng nén lún của môi trường nền (P_c , C_c , E_o , e_o) của từng lớp đất, dễ dàng xác định trong bảng 1, 2, 3.
- Riêng với việc xác định **áp lực thực** (P_n) của kết cấu tác động xuống đế móng, để truyền xuống nền đất nằm sâu, cần được phân tích có tính đến các yếu tố tác động của “hiện tượng đẩy nổi” của dạng móng hộp kết cấu ngầm.

IV.2 Xác định áp lực thực kết cấu truyền xuống đế móng (P_n)

Trong cơ đất nền móng, giá trị áp lực gây lún chính là **áp lực thực** do tải trọng kết cấu truyền xuống đáy đế móng (P_n) được xác định theo biểu thức (hình 15c):

$$P_n = P - P_o \text{ hay } P - \gamma \cdot D \quad (4)$$

Trong đó: γ : Dung trọng đất

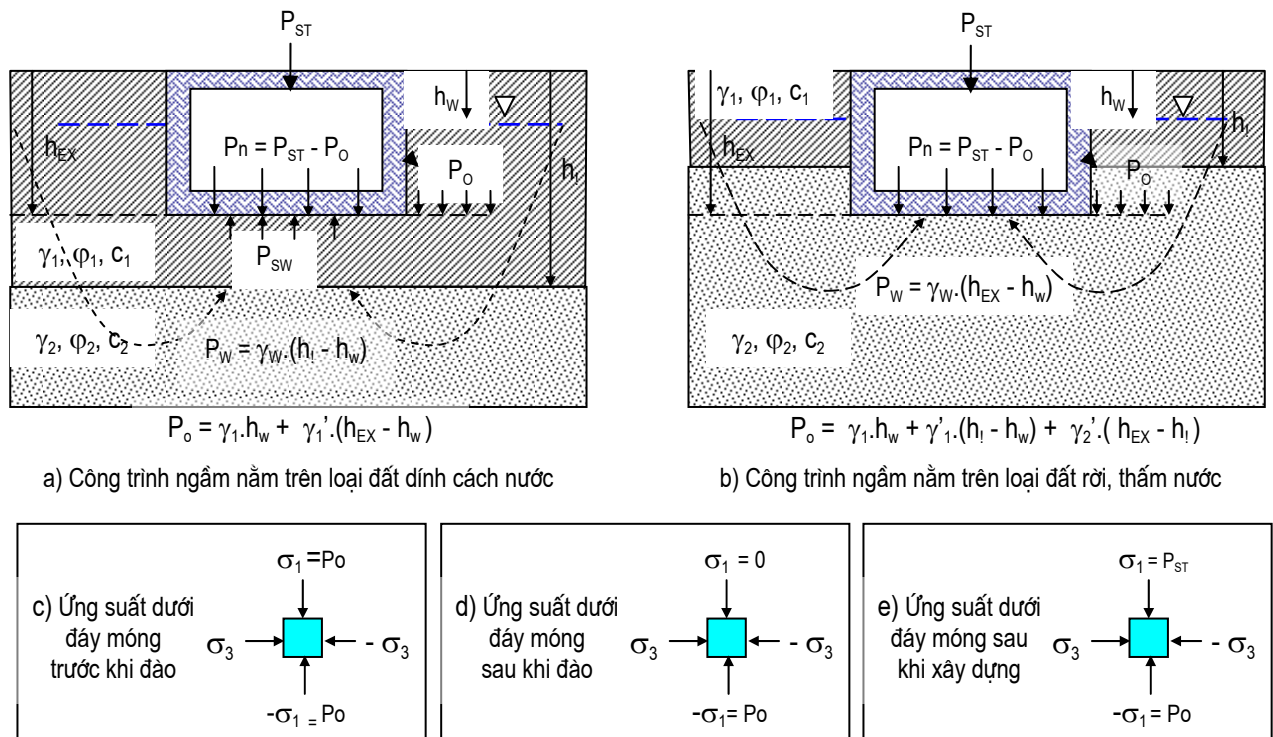
D : Chiều sâu chôn móng.

P : Áp lực do tải trọng thường xuyên kết cấu (cả móng), truyền xuống đáy móng.

Theo nguyên lý đó, móng đặt càng sâu thì càng giảm áp lực thực gây lún, nghĩa là móng càng đặt sâu độ lún càng giảm.

IV.2.1 “Hiệu ứng đẩy nổi” móng hộp công trình ngầm

Một số kết cấu ngầm nhằm cung cấp một *khoảng không gian* cho mục đích nào đó thường được thiết kế có dạng *hình hộp* nằm ngầm dưới mặt đất (đường hầm, cống ngầm, tầng hầm, bồn chứa ngầm...). Các kết cấu *dạng hộp kín* lại nằm dưới mặt đất đều phải chịu *hiện tượng đẩy nổi*. Tương tự, đường hầm của dự án này có cũng là kết cấu ngầm dạng hộp kín, nhằm cung cấp khoảng không nằm ngầm dưới đất phục vụ cho phương tiện giao thông đi lại, nên cũng chịu tác động của các *yếu tố đẩy nổi*.



Hình 16: Mô hình nguyên lý “hiệu ứng đẩy nổi” móng hộp công trình ngầm

Một dạng kết cấu dạng móng hộp, lại nằm ngầm dưới đất cần tính đến các yếu tố sau (xem hình 16):

1) Do đế móng của kết cấu nằm dưới mặt đất nên **áp lực thực** (P_n) của kết cấu truyền xuống dưới đế móng bằng áp lực do tải trọng kết cấu (P_{ST}) trừ đi áp lực do trọng lượng khối đất bị đào bỏ (P_o), theo đó:

$$P_n = P_{ST} - P_o$$

Trong nguyên tắc cơ bản trên thì các điều kiện sau cần tính đến:

2) Điều kiện *mực nước ngầm nằm cao trên mức đáy móng*. Khi đó, các trường hợp sau sẽ xảy ra:

- a) Nếu bản đế móng của kết cấu ngầm nằm trong **tầng đất sét cách nước** và đủ dày dưới đáy móng (**hình 16.a**), thì *áp lực thực* của kết cấu truyền xuống đáy móng được xác định: $P_n = P_{ST} - P'_o$, trong đó áp lực cột đất P'_o là có tính đến hiệu ứng đẩy nổi khi nằm dưới mực nước ngầm.

Trong trường hợp này, nếu đất dính dưới đế móng là cổ kết bình thường, không có tính trương nở, thì không có *áp lực đẩy nổi* nào khác tác động đẩy nổi móng lên. Ngược lại, dưới móng là đất loại sét quá cổ kết, hoặc sét có *tính trương nở* để móng sẽ chịu một *áp đẩy nổi* bằng áp lực trương nở, P_{sw} . Trong phân tích nếu giá trị $P_n \leq 0$ hoặc $\leq P_{sw}$, thì có nguy cơ làm phồng bản đế móng bè hoặc đế móng chịu một áp lực đẩy lên.

- b) Nếu bản đế móng kết cấu ngầm nằm trong **tầng đất rời thấm nước** (**hình 16.b**), thì *áp lực thực* của kết cấu được xác định như trên: $P_n = P_{ST} - P'_o$. Tuy nhiên, trong tính toán thiết kế phải tính đến hiệu ứng của *áp lực đẩy nổi thủy lực* $P_w = \gamma_w \cdot (h_{EX} - h_w)$.

Tương tự, nếu giá trị $P_n \leq 0$ hoặc $\leq P_w$, thì ngoài nguy cơ làm phồng bản đế móng bè, mà nếu giá trị P_w quá lớn còn nguy cơ đẩy nổi cả kết cấu lên.

3) Trong điều kiện *mực nước ngầm nằm dưới mức đáy móng*, thì không xảy ra hiện tượng đẩy nổi thủy lực mà chỉ tính đến *áp lực thực* tính theo biểu thức: $P_n = P_{ST} - P_o$. Với đất loại sét vẫn phải tính đến tính trương nở và mức độ quá cổ kết như đã nêu trên.

IV.2.2 Hệ quả của hiệu ứng đẩy nổi

Hiệu ứng đẩy nổi móng hộp kết cấu ngầm có hai tác động:

- **Tác động có lợi:** Là có thể giảm tải trọng thực của kết cấu thượng tầng đối với các khối nhà cao tầng.
 - o Kinh nghiệm cho thấy với nhà dạng căn hộ cao 5 tầng mà dưới đó có một tầng hầm sâu khoảng 4m thì áp lực thực tác dụng xuống đế móng P_n xấp xỉ bằng 0. Do đó, dù đất nền không tốt vẫn có thể đặt trên móng nông mà độ lún không xảy ra hoặc không đáng kể.
 - o Với các khối cao ốc, có kết cấu nặng lại đặt trên nền đất không tốt, thì phải sử dụng móng cọc. Nếu thiết kế có các tầng hầm thì phải sử dụng **dạng móng hộp** và khi đó có thể tận dụng hiệu ứng đẩy nổi cho phép giảm đi lượng cọc với sức chịu tải tương ứng với trọng lượng khối đất bị đào.
- **Tác động bất lợi:** Đối với các kết cấu ngầm không có tải trọng thượng tầng, hoặc trọng lượng kết cấu nhỏ hơn trọng lượng phần đất đào bỏ, thì nguy cơ lại theo chiều ngược lại, nghĩa là nguy cơ “bùng nền hay phồng bản đáy” do áp lực đẩy nổi.
 - o Hai loại áp lực đẩy nổi do bùng đáy cần tính toán là: áp lực đẩy nổi do chênh lệch cột nước trong đất rời và áp lực đẩy do tính trương nở trong đất dính quá cổ kết.
 - o Để khắc phục nguy cơ bùng đáy, người ta phải thiết kế *neo đất* hay *cọc chịu kéo* để cân bằng với áp lực đẩy nổi, chống nguy cơ làm phồng bản đáy hay đẩy trôi làm nghiêng ngả cả khối kết cấu.

IV.2.3 Xác định các loại áp lực tác động lên các khẩu đường hầm nghiên cứu

Theo nguyên lý đã trình bày kết hợp với các dữ liệu thiết kế đường hầm cho phép ước tính các loại áp lực tác động xuống đáy đường hầm, như thể hiện trong **bảng 4**.

Bảng 4: Kết quả xác định các loại áp lực tác động xuống đáy đường hầm

a) KHẨU ĐƯỜNG U.8	
Mẫu	Kích thước

No.	Chiều rộng TB bi (m)	Chiều cao TB hi (m)	Chiều dài L (m)	Số lượng (n)	Thể tích V (m ³)
1	0.180	1.105	20	2	7.956
2	0.500	0.39	20	2	7.800
3	<u>0.500-1.500</u> 1.000	<u>7.872-8.773</u> 8.323	20	1	166.460
4	<u>0.500-1.500</u> 1.000	<u>7.851-8.740</u> 8.296	20	1	165.920
5	1.000	1.900	20	2	76.000
6	12.00	1.900	20	2	912.000
Tổng thể tích kết cấu bê tông cốt thép V _{st} (m ³)					1336.136
7 (fill)	<u>1.0-1.700</u> 1.350	8.7	20	2	469.8
Tổng thể tích đất đắp cạnh vai tường V _{fill} (m ³)					469.8
Tổng trọng lượng kết cấu: W _{ST} (tf) = V. γ _c = 1336.136m ³ x 2.45 tf/m ³ = 2808 tf					
Áp lực tĩnh kết cấu: P _{DL} = W _{ST} : A _F = 2808 tf : (24 x 20)m ² = 5.85 t/m ²					
Áp lực tĩnh đất đắp cạnh tường: P _{fill} = V _{fill} . γ _S / A _F = 845.6 tf : (24 x 20)m ² = 1.76 t/m ²					
Áp lực tĩnh nền đường: P _{PM} = p ₇ = 33 t/m : 24m = 1.38 tf/m ²					
Áp lực động do giao thông: P _{TLL} = p ₉ + W _L = 9.8 t/m : 24m = 0.41 tf/m ²					
Tổng áp lực truyền xuống đế móng: P = SUM = 5.85+1.76+1.38+0.41 = 9.4 tf/m ²					
Áp lực cột đất ở mức đáy móng: P _o = 1.7 tf/m ³ x 10.6m = 18.0 tf/m ²					
Áp lực thực kết cấu tác động xuống đáy móng: P _n = P - P _o = - 8.6 tf/m ² = 0 tf/m ²					
b) KHẨU ĐƯỜNG U.9					
Mẫu No.	Kích thước				
	Chiều rộng TB bi (m)	Chiều cao TB hi (m)	Chiều dài L (m)	Số lượng (n)	Thể tích V (m ³)
1	0.180	1.105	20	2	7.956
2	0.500	0.39	20	2	7.800
3	<u>0.500-1.500</u> 1.000	<u>8.773-9.719</u> 9.246	20	1	184.92
4	<u>0.500-1.500</u> 1.000	<u>8.740-9.653</u> 9.197	20	1	183.940
5	1.500	2.000	20	2	120.000
6	12.50	2.000	20	2	1000.000
Tổng thể tích kết cấu bê tông cốt thép V _{st} (m ³)					1504.616
7 (fill)	<u>1.5-2.200</u> 1.850	9.2	20	2	680.8
Tổng thể tích đất đắp cạnh vai tường V _{fill} (m ³)					1504.616
Tổng trọng lượng kết cấu: W _{ST} (tf) = V. γ _c = 1504.616m ³ x 2.45 tf/m ³ = 3686 tf					
Áp lực tĩnh kết cấu BTCT: P _{DL} = W _{ST} : A _F = 3686 tf : (25 x 20)m ² = 7.37 t/m ²					
Áp lực tĩnh đất đắp cạnh tường: P _{fill} = V _{fill} . γ _S / A _F = 1225.4 tf : (25 x 20)m ² = 2.45 t/m ²					
Áp lực tĩnh nền đường: P _{PM} = p ₇ = 33 t/m : 25m = 1.32 tf/m ²					
Áp lực động do giao thông: P _{TLL} = p ₉ = 9.8 t/m : 25m = 0.39 tf/m ²					
Tổng áp lực truyền xuống đế móng: P = SUM = 7.37+2.45+1.32+0.39 = 11.53 tf/m ²					
Áp lực cột đất ở mức đáy móng: P _o = 1.7 tf/m ³ x 11.2m = 19.0 tf/m ²					
Áp lực thực kết cấu tác động xuống đáy móng: P _n = P - P _o = - 7.47 tf/m ² = 0 tf/m ²					
c) KHẨU ĐƯỜNG B.2					
Mẫu No.	Kích thước				
	Chiều rộng TB bi (m)	Chiều cao TB hi (m)	Chiều dài L (m)	Số lượng (n)	Thể tích V (m ³)
1	21.0	1.00	20	2	840
2	1.00	7.4	20	2	296
3	0.50	1.5	20	2	30
4	φ 0.5	7.4	-	8	11.62
Tổng thể tích kết cấu bê tông cốt thép V _{ST} (m ³)					1177.62
Tổng trọng lượng kết cấu: W _{ST} (tf) = V. γ _c = 1177.62m ³ x 2.45 tf/m ³ = 2885.17 tf					
Áp lực tĩnh kết cấu : P _{DL} = W _{ST} : A _F = 2885.17 tf : (21x20)m ² = 6.87 tf/m ²					

Áp lực tĩnh do đất đắp trên nóc: $P_{EM} = h_s \cdot \gamma_s = 1.85 \times 3.0 = 5.55 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực tĩnh nền đường: $P_{PM} = p_7 = 33 \text{ t/m} : 21\text{m} = 1.57 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực động do giao thông : $P_{TLL} = p_9 = 9.8 \text{ t/m} : 21\text{m} = 0.47 \text{ tf/m}^2$					
Tổng áp lực truyền xuống đế móng: $P = P_{DL} + P_{EM} + P_{PM} + P_{TLL} = 14.46 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực cột đất ở mức đáy móng: $P_o = 1.7 \text{ tf/m}^3 \times 12.13\text{m} = 20.6 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực thực kết cấu tác động xuống đáy móng: $P_n = P - P_o = -6.14 \text{ tf/m}^2 = 0 \text{ tf/m}^2$					
d) KHẨU ĐƯỜNG B.3					
Mẫu No.	Kích thước				
	Chiều rộng TB bi (m)	Chiều cao TB hi (m)	Chiều dài L (m)	Số lượng (n)	Thể tích V (m ³)
1	21.0	1.00	20	2	840
2	1.00	7.4	20	2	296
3	0.50	1.5	20	2	30
4	φ 0.5	7.4	-	8	11.62
Tổng thể tích kết cấu bê tông cốt thép $V_{ST} \text{ (m}^3\text{)}$					1177.62
Tổng trọng lượng kết cấu: $W_{ST} \text{ (tf)} = V \cdot \gamma_c = 1177.62\text{m}^3 \times 2.45 \text{ tf/m}^3 = 2885.17 \text{ tf}$					
Áp lực tĩnh kết cấu : $P_{DL} = V_{ST} : A_F = 2885.17 \text{ tf} : (21 \times 20)\text{m}^2 = 6.87 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực tĩnh do đất đắp trên nóc: $P_{EM} = h_s \cdot \gamma_s = 1.85 \times 3.0 = 5.55 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực tĩnh nền đường: $P_{PM} = p_7 = 33 \text{ t/m} : 24\text{m} = 1.38 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực động do giao thông : $P_{TLL} = p_9 = 9.8 \text{ t/m} : 24\text{m} = 0.41 \text{ tf/m}^2$					
Tổng áp lực truyền xuống đế móng: $P = P_{DL} + P_{EM} + P_{PM} + P_{TLL} = 14.21 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực cột đất ở mức đáy móng: $P_o = 1.7 \text{ tf/m}^3 \times 12.38\text{m} = 21.0 \text{ tf/m}^2$					
Áp lực thực kết cấu tác động xuống đáy móng: $P_n = P - P_o = -3.09 \text{ tf/m}^2 = 0 \text{ tf/m}^2$					

IV.3 Kết quả tính lún tại các khẩu đường hầm nghiên cứu

IV.3.1 Thông số tính toán

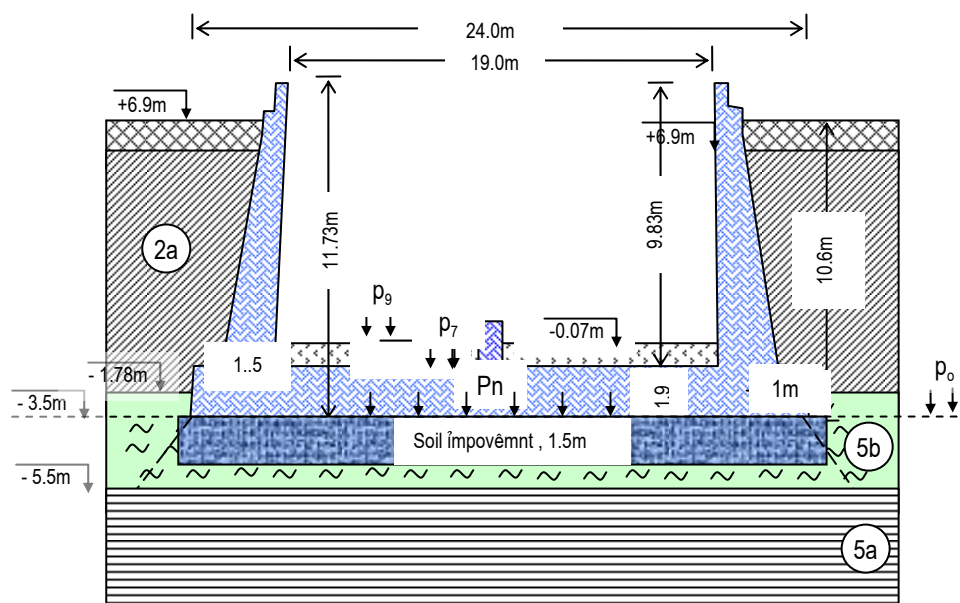
Tổng hợp kết quả phân tích nêu trên, các thông số quy ước sử dụng tính lún của các khẩu đường hầm nghiên cứu được tổng hợp trong **bảng 5**.

Bảng 5: Bảng tổng hợp các thông số sử dụng tính lún

Thông số tính toán			Khẩu đường hầm tính toán			
			U.8	U.9	B.2	B.3
Kích thước kết cấu (m)	B		24	25	21	21
	L		20	20	20	20
	D		10.6	11.22	12.13	12.4
Chiều dày các lớp đất tính lún Li (m)	Lớp đất yếu (5b)	Tổng bề dày	3.72	3.02	0	2.87
		Chiều dày xử lý	1.6	0 (*)	0	2.4
		Chiều dày còn lại	0.2	0 (*)	0	1.24
	Lớp sét tốt , 6a		8.0	10.0	13.75	6.0
	Lớp cat, 7		Phải triển đến 40m. Không lún cố kết			
Thông số tính lún	Cc / eo	Lớp đất xử lý, GI	0.02 / 0.75 (**)			
		Lớp đất yếu, 5b	0.278 / 1.376			
		Lớp sét tốt , 6a	0.090 / 0.791			
	Pc / Eo (tf/m²)	Lớp đất xử lý, GI	30 / 11000 (**)			
		Lớp đất yếu, 5b	8.1 / 330			
		Lớp sét tốt , 6a	14.1 / 660			
Áp lực tác dụng (tf/m²)	Áp lực thực gây lún, Pn		0	0	0	0
	Áp lực kế cấu, P		9.4	11.53	14.46	14.21
Ghi chú: (*) Lớp đất yếu (5b) nằm cao hơn đáy hố đào (**) Giá trị suy diễn có tham khảo bảng 1 và 3.						

IV.3.2 Kết quả tính lún khâu U.8

Mô hình hoá điều kiện tính toán của khâu U.8 đường hầm thể hiện trên hình 17.



Hình 17: Mô hình mặt cắt khâu U.8

Một phần mềm chuyên dụng được lập tính toán lún cổ kết, sử dụng 2 loại áp lực, đó là áp lực thực gây lún của kết cấu (P_n) và áp lực kết cấu với giả thiết móng đặt ngay trên mặt đất (P). Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 5 và 6.

Bảng 5: Kết quả tính lún khâu U.8 - Đế móng đặt sâu 10.6m

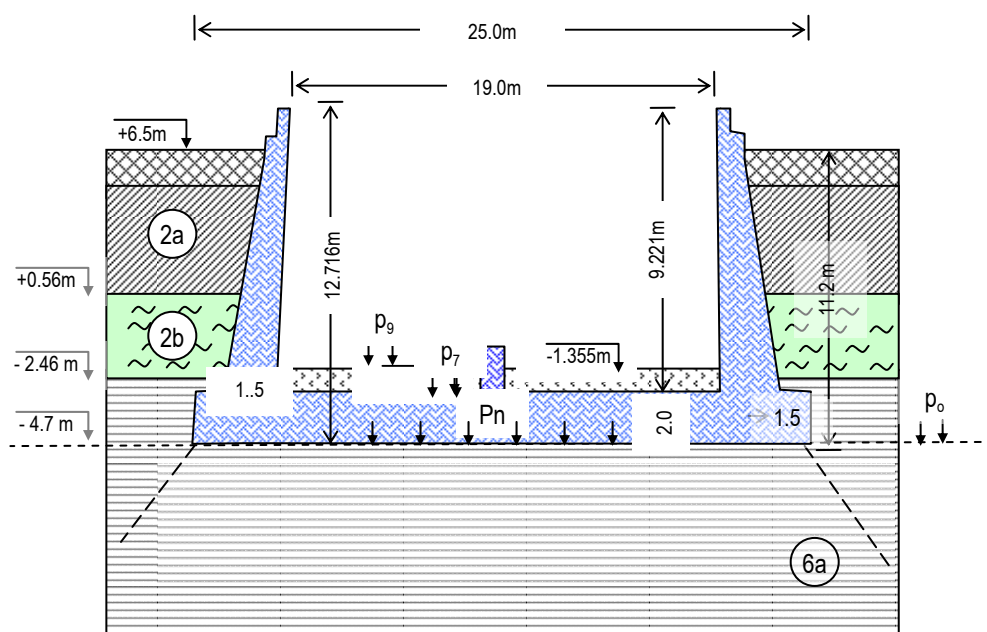
ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ U.8 ĐẾ MÓNG NẪM NGẦM DƯỚI ĐẤT												
$St = h_i \frac{C_c}{1 + e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_z}{E_{oi}}$												
B',m = 24.0		L',m = 24.0		Pn = 0.000		Ap lực, P (t/m2) = 0		Bề rộng B (m): 24.0				
Loại đất	hi(m)	γ_z (t/m ³)	li (m)	zi (m)	Poz (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	eo	Cc	N-value	H.chính μ	Si (cm)	
GI	1.06	1.92	1.06	0.53	20.63	0.00	0.75	0.020	50.0	0.88	0.00	
CH	2.12	1.69	1.06	1.59	22.54	0.00	1.38	0.278	4.0	1.00	0.00	
CL	3.17	1.92	1.06	2.65	24.45	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	4.23	1.92	1.06	3.70	26.48	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	5.29	1.92	1.06	4.76	28.51	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	6.35	1.92	1.06	5.82	30.54	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	7.41	1.92	1.06	6.88	32.57	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	8.46	1.92	1.06	7.94	34.60	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	9.52	1.92	1.06	8.99	36.63	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	10.58	1.92	1.06	10.05	38.66	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
Tổng	-	-	10.58		-	-	-	-	-	-	-	0.00
ĐỘ LÚN DỰ BẢO: Với móng mềm, St (cm) = 0.0 Với móng cứng, St (cm) = 0.0												

Bảng 6: Kết quả tính lún khẩu U.8 - Giả thiết đế móng nằm trên mặt đất

<div> ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ <div>U.8</div> ĐỂ MÓNG NẪM TRÊN MẶT ĐẤT </div>												
$St = h_i \frac{C_c}{1 + e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_z}{E_{oi}}$												
B',m = 24.0		L',m = 24.0		Pn = 9.400		Áp lực, P (t/m ²) = 9.4		Bề rộng B (m): 24.0				
Loại đất	hi(m)	γ_z (t/m ³)	li (m)	zi (m)	Poz (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	e _o	C _c	N-value	H.chính μ	Si (cm)	
GI	1.06	1.92	1.06	0.53	20.63	9.40	0.75	0.020	50.0	0.88	0.17	
CH	2.12	1.69	1.06	1.59	22.54	9.39	1.38	0.278	4.0	1.00	1.87	
CL	3.17	1.92	1.06	2.65	24.45	9.33	0.79	0.090	13.0	0.81	0.60	
CL	4.23	1.92	1.06	3.70	26.48	9.22	0.79	0.090	13.0	0.81	0.56	
CL	5.29	1.92	1.06	4.76	28.51	9.04	0.79	0.090	13.0	0.81	0.51	
CL	6.35	1.92	1.06	5.82	30.54	8.79	0.79	0.090	13.0	0.81	0.47	
CL	7.41	1.92	1.06	6.88	32.57	8.49	0.79	0.090	13.0	0.81	0.43	
CL	8.46	1.92	1.06	7.94	34.60	8.14	0.79	0.090	13.0	0.81	0.39	
CL	9.52	1.92	1.06	8.99	36.63	7.75	0.79	0.090	13.0	0.81	0.36	
CL	10.58	1.92	1.06	10.05	38.66	7.35	0.79	0.090	13.0	0.81	0.32	
Tổng	-	-	10.58	-	-	-	-	-	-	-	5.70	
ĐỘ LÚN DỰ BẢO: Với móng mềm, St (cm) = 5.7 Với móng cứng, St (cm) = 4.6												

IV.3.3 Kết quả tính lún khẩu U.9

Mô hình hoá điều kiện tính toán của khẩu U.9 đường hầm thể hiện trên hình 18.



Hình 18: Mô hình mặt cắt khẩu U.9

Một phần mềm chuyên dụng được lập tính toán lún cố kết, sử dụng 2 loại áp lực, đó là áp lực thực gây lún của kết cấu (P_n) và áp lực kết cấu với giả thiết móng đặt ngay trên mặt đất (P). Kết quả tính toán được thể hiện trong **bảng 7 và 8**.

Bảng 7: Kết quả tính lún khẩu **U.9** - Đế móng đặt sâu **11.2m**

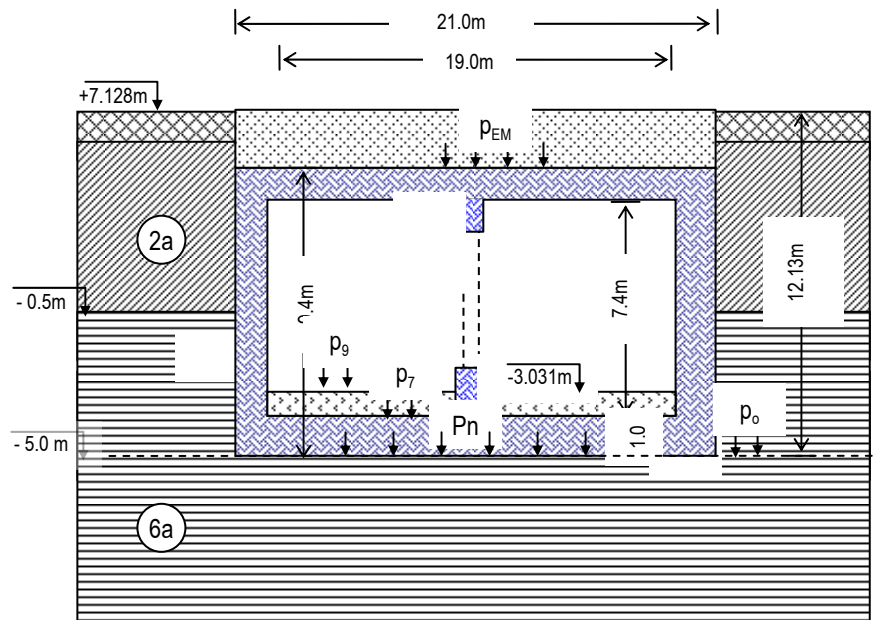
ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ U.9 ĐẾ MÓNG NẪM NGẦM DƯỚI ĐẤT											
$St = h_i \frac{C_c}{1+e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_s}{E_{oi}}$											
$B', m = 25.0$		$L', m = 25.0$		$P_n = 0.000$		$\Delta p \text{ lực, } P \text{ (t/m}^2\text{)} = 0.0$		$B \text{ rộng } B \text{ (m): } 25.0$			
Loại đất	$h_i(m)$	γ_z (t/m ³)	l_i (m)	z_i (m)	P_{oz} (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	e_0	C_c	N-value	H.chỉnh μ	S_i (cm)
CL	1.00	1.92	1.00	0.50	20.57	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	2.00	1.92	1.00	1.50	22.49	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	3.00	1.92	1.00	2.50	24.41	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	4.00	1.92	1.00	3.50	26.33	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	5.00	1.92	1.00	4.50	28.25	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	6.00	1.92	1.00	5.50	30.17	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	7.00	1.92	1.00	6.50	32.09	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	8.00	1.92	1.00	7.50	34.01	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	9.00	1.92	1.00	8.50	35.93	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
CL	10.00	1.92	1.00	9.50	37.85	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00
Tổng	-	-	10.00	-	-	-	-	-	-	-	0.00
ĐỘ LÚN DỰ BẢO: Với móng mềm, St (cm) = 0.0 Với móng cứng, St (cm) = 0.0											

Bảng 8: Kết quả tính lún khẩu **U.9** - Giả thiết đế móng nằm trên mặt đất

ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ U.9 ĐẾ MÓNG NẪM TRÊN MẶT ĐẤT											
$St = h_i \frac{C_c}{1+e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_s}{E_{oi}}$											
$B', m = 25.0$		$L', m = 25.0$		$P_n = 11.530$		$\Delta p \text{ lực, } P \text{ (t/m}^2\text{)} = 11.5$		$B \text{ rộng } B \text{ (m): } 25.0$			
Loại đất	$h_i(m)$	γ_z (t/m ³)	l_i (m)	z_i (m)	P_{oz} (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	e_0	C_c	N-value	H.chỉnh μ	S_i (cm)
CL	1.00	1.92	1.00	0.50	20.57	11.54	0.79	0.090	13.0	0.88	0.86
CL	2.00	1.92	1.00	1.50	22.49	11.52	0.79	0.090	13.0	0.88	0.79
CL	3.00	1.92	1.00	2.50	24.41	11.47	0.79	0.090	13.0	0.88	0.74
CL	4.00	1.92	1.00	3.50	26.33	11.36	0.79	0.090	13.0	0.88	0.69
CL	5.00	1.92	1.00	4.50	28.25	11.19	0.79	0.090	13.0	0.88	0.64
CL	6.00	1.92	1.00	5.50	30.17	10.95	0.79	0.090	13.0	0.88	0.60
CL	7.00	1.92	1.00	6.50	32.09	10.64	0.79	0.090	13.0	0.88	0.55
CL	8.00	1.92	1.00	7.50	34.01	10.28	0.79	0.090	13.0	0.88	0.51
CL	9.00	1.92	1.00	8.50	35.93	9.88	0.79	0.090	13.0	0.88	0.47
CL	10.00	1.92	1.00	9.50	37.85	9.45	0.79	0.090	13.0	0.88	0.43
Tổng	-	-	10.00	-	-	-	-	-	-	-	6.27
ĐỘ LÚN DỰ BẢO: Với móng mềm, St (cm) = 6.3 Với móng cứng, St (cm) = 5.0											

IV.3.4 Kết quả tính lún khâu B.2

Mô hình hoá điều kiện tính toán của khâu B.2 đường hầm thể hiện trên hình 19.



Hình 19: Mô hình mặt cắt khâu B.2

Một phần mềm chuyên dụng được lập tính toán lún cố kết, sử dụng 2 loại áp lực, đó là áp lực thực gây lún của kết cấu (P_n) và áp lực kết cấu với giả thiết móng đặt ngay trên mặt đất (P). Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 9 và 10.

Bảng 9: Kết quả tính lún khâu B.2 - Đế móng đặt sâu 12.13m

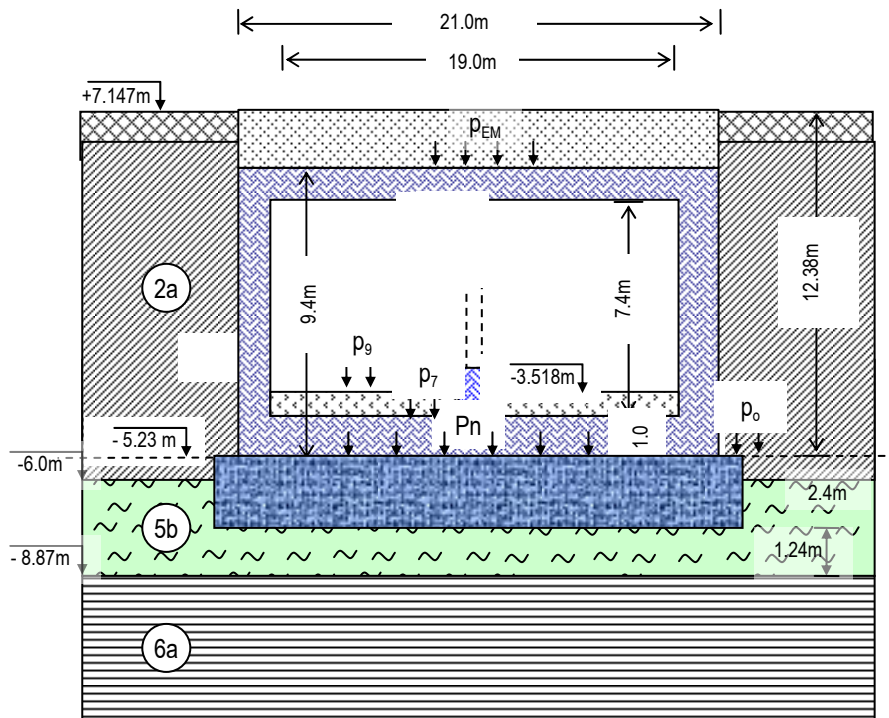
<div> ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ B2 ĐẾ MÓNG NẪM NGẦM DƯỚI ĐẤT </div> <div>V</div> $St = h_i \frac{C_c}{1 + e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_z}{E_{oi}}$												
$B', m = 21.0$		$L', m = 21.0$		$P_n = 0.000$		$A_p \text{ lực, } P \text{ (t/m}^2\text{)} = 0.00$		Bề rộng B (m): 21.0				
Loại đất	$h_i(m)$	γ_z (t/m ³)	l_i (m)	z_i (m)	P_{oz} (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	e_0	C_c	N-value	H.chính μ	Si (cm)	
CL	1.38	1.92	1.38	0.89	20.93	0.00	0.79	0.090	13.0	0.88	0.00	
CL	2.75	1.92	1.38	2.06	23.57	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	4.13	1.92	1.38	3.44	26.21	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	5.50	1.92	1.38	4.81	28.85	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	6.88	1.92	1.38	6.19	31.49	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	8.25	1.92	1.38	7.56	34.13	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	9.63	1.92	1.38	8.94	36.77	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	11.00	1.92	1.38	10.31	39.41	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	12.38	1.92	1.38	11.69	42.05	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	13.75	1.92	1.38	13.06	44.69	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
Tổng	-	-	13.75		-	-	-	-	-	-	-	0.00
ĐỘ LÚN DỰ BÁO: Với móng mềm, St (cm) = 0.0 Với móng cứng, St (cm) = 0.0												

Bảng 10: Kết quả tính lún tại vị trí **B.2** – Giả thiết đế móng nằm trên mặt đất

<div> ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ B2 ĐỂ MÓNG NẪM TRÊN MẶT ĐẤT </div>												
V		$St = h_i \frac{C_c}{1+e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma_z}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_z}{E_{oi}}$										
B',m = 21.0		L',m = 21.0		Pn = 14.480		Áp lực, P (t/m2) = 14.46		Bề rộng B (m): 21.0				
Loại đất	hi(m)	γ_z (t/m ³)	li (m)	zi (m)	Poz (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	e _o	C _c	N-value	H.chính μ	Si (cm)	
CL	1.38	1.92	1.38	0.69	20.93	14.46	0.79	0.090	13.0	0.88	1.39	
CL	2.75	1.92	1.38	2.06	23.57	14.39	0.79	0.090	13.0	0.81	1.16	
CL	4.13	1.92	1.38	3.44	26.21	14.13	0.79	0.090	13.0	0.81	1.05	
CL	5.50	1.92	1.38	4.81	28.85	13.65	0.79	0.090	13.0	0.81	0.94	
CL	6.88	1.92	1.38	6.19	31.49	12.96	0.79	0.090	13.0	0.81	0.84	
CL	8.25	1.92	1.38	7.56	34.13	12.12	0.79	0.090	13.0	0.81	0.74	
CL	9.63	1.92	1.38	8.94	36.77	11.21	0.79	0.090	13.0	0.81	0.65	
CL	11.00	1.92	1.38	10.31	39.41	10.27	0.79	0.090	13.0	0.81	0.56	
CL	12.38	1.92	1.38	11.69	42.05	9.35	0.79	0.090	13.0	0.81	0.49	
CL	13.75	1.92	1.38	13.06	44.69	8.49	0.79	0.090	13.0	0.81	0.42	
Tổng	-	-	13.75	-	-	-	-	-	-	-	8.22	
ĐỘ LÚN DỰ BẢO: Với móng mềm, St (cm) = 8.2 Với móng cứng, St (cm) = 6.6												

IV.3.5 Kết quả tính lún khẩu B.3

Mô hình hoá điều kiện tính toán của **khẩu B.3** đường hầm thể hiện trên **hình 20**.



Hình 20: Mô hình mặt cắt khẩu B.3

Một phần mềm chuyên dụng được lập tính toán lún cố kết, sử dụng 2 loại áp lực, đó là áp lực thực gây lún của kết cấu (P_n) và áp lực kết cấu với giả thiết móng đặt ngay trên mặt đất (P). Kết quả tính toán được thể hiện trong [bảng 11](#) và [12](#).

Bảng 11: Kết quả tính lún khẩu B.3 - Đế móng đặt sâu 12.4m

ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ						B.3	ĐẾ MÓNG NẪM NGẦM DƯỚI ĐẤT					
V												
$St = h_i \frac{C_c}{1 + e_0} \log\left(\frac{P_o + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_z}{E_{oi}}$												
B',m = 21.0		L',m = 21.0		Pn = 0.000		Áp lực, P (t/m2) = 0.00		Bề rộng B (m): 21.0				
Loại đất	hi(m)	γ_z (t/m ³)	li (m)	zi (m)	Poz (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	eo	Cc	N-value	H.chính μ	Si (cm)	
GI	1.20	1.92	1.20	0.60	20.76	0.00	0.75	0.020	50.0	0.88	0.00	
GI	2.40	1.92	1.20	1.80	23.07	0.00	0.75	0.020	50.0	1.00	0.00	
CH	3.60	1.69	1.20	3.00	25.23	0.00	1.38	0.278	4.0	1.00	0.00	
CL	4.80	1.92	1.20	4.20	27.40	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	6.00	1.92	1.20	5.40	29.70	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	7.20	1.92	1.20	6.60	32.01	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	8.40	1.92	1.20	7.80	34.31	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	9.60	1.92	1.20	9.00	36.61	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	10.80	1.92	1.20	10.20	38.92	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
CL	12.00	1.92	1.20	11.40	41.22	0.00	0.79	0.090	13.0	0.81	0.00	
Tổng	-	-	12.00	-	-	-	-	-	-	-	0.00	
ĐỘ LÚN DỰ BẢO: Với móng mềm, St (cm) = 0.0 Với móng cứng, St (cm) = 0.0												

Bảng 12: Kết quả tính lún tại vị trí B.3 – Giả thiết đế móng nằm trên mặt đất

ĐỘ LÚN TỔNG THỂ TẠI VỊ TRÍ B.3 ĐỂ MÓNG NẴM TRÊN MẶT ĐẤT											
<div>V</div> $St = h_i \frac{C_c}{1+e_0} \log\left(\frac{P_0 + \Delta\sigma}{P_c}\right) = h_i \frac{\Delta\sigma_s}{E_{oi}}$											
B',m = 21.0		L',m = 21.0		Pn = 14.210		Áp lực, P (t/m ²) = 14.21		Bề rộng B (m): 21.0			
Loại đất	hi(m)	γ_z (t/m ³)	li (m)	zi (m)	Poz (t/m ²)	$\Delta\sigma_z$ (t/m ²)	e _o	C _c	N-value	H.chính μ	Si (cm)
GI	1.20	1.92	1.20	0.60	20.78	14.22	0.75	0.020	50.0	0.88	0.27
GI	2.40	1.92	1.20	1.80	23.07	14.17	0.75	0.020	50.0	1.00	0.29
CH	3.60	1.89	1.20	3.00	25.23	13.99	1.38	0.278	4.0	1.00	2.69
CL	4.80	1.92	1.20	4.20	27.40	13.65	0.79	0.090	13.0	0.81	0.86
CL	6.00	1.92	1.20	5.40	29.70	13.15	0.79	0.090	13.0	0.81	0.78
CL	7.20	1.92	1.20	6.60	32.01	12.50	0.79	0.090	13.0	0.81	0.70
CL	8.40	1.92	1.20	7.80	34.31	11.76	0.79	0.090	13.0	0.81	0.62
CL	9.60	1.92	1.20	9.00	36.61	10.97	0.79	0.090	13.0	0.81	0.55
CL	10.80	1.92	1.20	10.20	38.92	10.16	0.79	0.090	13.0	0.81	0.49
CL	12.00	1.92	1.20	11.40	41.22	9.38	0.79	0.090	13.0	0.81	0.43
Tổng	-	-	12.00	-	-	-	-	-	-	-	7.68
ĐỘ LÚN DỰ BÁO: Với móng mềm, St (cm) = 7.7 Với móng cứng, St (cm) = 6.1											

V KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ

Kết quả phân tích địa kỹ thuật đánh giá độ lún một số khẩu đường hầm thuộc dự án xây dựng và cải tạo nút Kim Liên cho phép ta rút ra các kết luận và kiến nghị sau:

- Điều kiện đất nền được làm sáng tỏ là: bên cạnh việc phân lớn chiều dài đường hầm bắt gặp đất yếu bùn sét hữu cơ, thì riêng đoạn từ U8 đến B3 lại bắt gặp đất tốt sét dẻo cứng. Đó là lý do mà các khẩu U9, B1 và B2 không thể và cũng không có ý nghĩa khi phải xử lý gia cố đất nền. Các khẩu này được đặt trực tiếp trên nền thiên nhiên. Còn các khẩu khác dưới nền bắt gặp đất yếu thì đều được gia cố bằng bơm vữa xi măng áp lực cao.
- Đặc trưng cơ lý các lớp đất phục vụ tính toán thiết kế được tổng hợp trong **bảng 2**. Các giá trị nêu trong **bảng 2** là khá phù hợp với khoảng giá trị đại diện đã được nghiên cứu và tổng kết của đất nền vùng Hà Nội (theo Vũ Công Ngử, Nguyễn Văn Túc, Trần Văn Việt, 2007).
- Đặc điểm nước dưới đất khu vực cho thấy nước dưới đất chưa trong các tầng đất rời (cát 7 và sạn sỏi 9) trong khu vực dự án nằm sâu, từ 12m đến 20m. Mực nước sâu là do bị ảnh hưởng bơm khai thác nước dưới đất của các bãi giếng phía nam sông Hồng. Mực nước nêu trên là phù hợp kết quả nghiên cứu động thái nước dưới đất vùng nam Hà Nội.
Còn trong một số báo cáo khảo sát có đưa ra mực nước dưới đất sâu dưới 3m, thì đây chỉ là nước mặt, nước thải sinh hoạt chứa trong đất lấp. Loại nước này biến đổi theo mùa, dễ cách ly và thực tế không ảnh hưởng đến tính toán nền móng và thi công kết cấu ngầm.
- Giải pháp cải tạo đất yếu bằng cọc xi măng đất gia cường sử dụng phương pháp bơm bê tông áp lực cao là giải pháp tiên tiến. Kết quả thí nghiệm trong **bảng 1** cho thấy sức kháng đất yếu đã gia cường đáng kể, giá trị qu trung bình đạt = 18.3 kg/cm², trong khi đất chưa gia cường thường có qu = 0.45 – 0.53 kg/cm², tăng khoảng 37 lần.
- Đây là các kết cấu ngầm lại nằm trên địa tầng phức tạp, nên việc phân địa kỹ thuật để đánh giá ổn định cần tiến hành rất chi tiết và tính toán đến mọi yếu tố tác động. Qua phân tích địa kỹ thuật để tính lún các khẩu U.8, U.9, B.2 và B.3, có thể đánh giá những vấn đề nổi bật sau:

- a) Về cơ bản, kết cấu BTCT của đường hầm được xếp vào loại móng hộp kết cấu ngầm nên *hiệu ứng đẩy nổi* phải tính đến. Tuy nhiên, do dưới đáy móng đường hầm bắt gặp chủ yếu đất yếu, được gia cường cọc xi măng đất. Hơn nữa mực nước dưới đất ở đây lại nằm sâu, nên *hiệu ứng đẩy nổi* ở đây thực chất chỉ có tác dụng làm giảm *áp lực thực* gây lún của kết cấu (nghĩa là giảm lún), mà không bị tác động *đẩy nổi* làm bùng nền.
 - b) Theo kết quả tính toán **bảng 5**, thì áp lực thực dưới móng ở cả 4 khẩu đường hầm U.8, U.9, B.2 và B.3 đều bằng **không** ($P_n = 0$, thực tế là âm vì trọng lượng kết cấu nhẹ hơn trọng lượng khối đất đào đi). Do đó, độ lún của cả bốn khẩu đường hầm nêu trên **về lý thuyết đều bằng không (0)**, như thể hiện trên các bảng tính **6, 8, 10, 12**.
 - c) Kết quả tính toán trong các **bảng 7, 9, 11, 13** là giả thiết rằng trong cùng điều kiện địa tầng và kết cấu như trên, nhưng chúng lại được đặt ngay trên mặt đất (khi sử dụng áp lực tổng của kết cấu). Kết quả tính toán cho giá trị độ lún biến đổi trong khoảng **từ 5cm đến 8cm**, tùy theo vị trí. Các bảng tính toán này chỉ có ý nghĩa tham khảo so sánh về cách phân tích với công trình ngầm.
- 6) Tuy nhiên, một số kiến nghị sau cần tham khảo trong quá trình thi công:
- Không được làm xáo trộn mặt nền dưới đáy hố đào ở khu vực có đất yếu, cho dù đã được gia cố cọc xi măng đất. Lưu ý rằng tỷ lệ xử lý chỉ chiếm khoảng 60% diện tích đế móng. Sự xáo trộn mặt nền có khả năng tạo ra biến dạng không đều do kết cấu tự nhiên mặt đất yếu dưới đế móng bị phá vỡ.

Hà Nội ngày 31 tháng 5 năm 2008

PE. TRẦN VĂN VIỆT
Soil & Foundation Engineering Specialist
Cosfeg_vn@yahoo.com